

Série 1 FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON N° 1023

RECHERCHES ANATOMIQUES
SUR LES
ARTÈRES DES OS LONGS

(Humérus, Cubitus et Radius. — Fémur, Tibia et Péroné)

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le Samedi 29 Décembre 1894

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

MARIUS SIRAUD

CHEF DES TRAVAUX ANATOMIQUES A LA FACULTÉ DE MÉDECINE

EX-INTERNE DES HÔPITAUX (CONCOURS 1890)

ANCIEN AIDE D'ANATOMIE A LA FACULTÉ (CONCOURS 1893)

EX-PRÉPARATEUR DU LABORATOIRE D'ANATOMIE (1891 à 1893)

Né le 14 Juillet 1865, à Bourgvilain (Saône-et-Loire)



LYON

IMPRIMERIE LÉON DELAROCHE ET C^{IE}

10, PLACE DE LA CHARITÉ, 10

Décembre 1894

RECHERCHES ANATOMIQUES
SUR LES
ARTÈRES DES OS LONGS

(Humérus, Cubitus et Radius. — Fémur, Tibia et Péroné)

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le Samedi 29 Décembre 1894

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

MARIUS SIRAUD

CHEF DES TRAVAUX ANATOMIQUES A LA FACULTÉ DE MÉDECINE
EX-INTERNE DES HÔPITAUX (CONCOURS 1890)

ANCIEN AIDE D'ANATOMIE A LA FACULTÉ (CONCOURS 1893)
EX-PRÉPARATEUR DU LABORATOIRE D'ANATOMIE (1891 à 1893)

Né le 14 Juillet 1865, à Bourgvilain (Saône-et-Loire)



LYON

IMPRIMERIE LÉON DELAROCHE ET C^{IE}

10, PLACE DE LA CHARITÉ, 10

Décembre 1894

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

MM. LORTET DOYEN.
GAYET ASSESSEUR.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. DESGRANGES, PAULET, BOUCHACOURT, CHAUVEAU, BERNE.

PROFESSEURS

Clinique médicale	{	MM. LÉPINE.
Clinique chirurgicale		BONDET.
Clinique obstétricale et Accouchements	{	OLLIER.
Clinique ophtalmologique		PONCET.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques		FOCHIER.
Clinique des maladies mentales		GAYET.
Physique médicale		GAILLETON.
Chimie médicale et pharmaceutique		PIERRET.
Chimie organique et Toxicologie		MONOYER.
Matière médicale et Botanique		HUGOUNENQ.
Zoologie et Anatomie comparée		CAZENEUVE.
Anatomie		FLORENCE.
Anatomie générale et Histologie		LORTET.
Physiologie		TESTUT.
Pathologie interne		RENAUT.
Pathologie externe		MORAT.
Pathologie et Thérapeutique générale		TEISSIER.
Anatomie pathologique		X...
Médecine opératoire		MAYET.
Médecine expérimentale et comparée		TRIPPIER.
Médecine légale		POLLOSSON (MAURICE).
Hygiène		ARLOING.
Thérapeutique		LACASSAGNE.
Pharmacie		X...
		SOULIER.
		CROLAS.

PROFESSEUR ADJOINT

Clinique des Maladies des Femmes LAROYENNE.

CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

Clinique des Maladies des Enfants	MM. WEILL,	agrégé.
Accouchements	POLLOSSON(Aug.)	—
Botanique	BEAUVISAGE,	—

AGRÉGÉS

MM. AUGAGNEUR.	MM. DIDELOT.	MM. ROCHET.	MM. VIALLETON.
BEAUVISAGE.	GANGOLPHE.	RODET.	WEILL.
CONDAMIN.	JABOULAY.	ROLLET (Etienne).	BARRAL, chargé des
COURMONT.	LANNOIS.	ROQUE.	fonctions d'agrégé.
DEROIDE.	PERRET.	ROUX.	MOREAU, —
DEVIC.	POLLOSSON(Aug.)		

M. ETIÉVANT, secrétaire.

EXAMINATEURS DE LA THESE

M. TESTUT, Président; M. MORAT, Assesseur; MM. GANGOLPHE et VIALLETON, Agrégés.

La Faculté de médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les Dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

M. LE PROFESSEUR TESTUT

A MES MAÎTRES DANS LES HOPITAUX

(INTERNAT ET EXTERNAT)

MM. LES PROFESSEURS OLLIER, PONCET,

POLLOSSON, GAILLETON, LÉPINE.

MM. LES DOCTEURS DRIVON, WEILL, VINAY

ET GANGOLPHE

A MA FEMME

A MON PÈRE

M. SIRAUD, chef de division à la Préfecture de Saône-et-Loire.

A MA MÈRE

A MON BEAU-PÈRE ET A MA BELLE-MÈRE

M. et M^{me} ALACOMACLE

A MON BEAU-FRÈRE ET A MA SŒUR

M. et M^{me} LAFFAIT

A MON FRÈRE

A MES AMIS

INTRODUCTION

L'étude des vaisseaux des os a été négligée ou à peine indiquée par les auteurs classiques. C'est en vain qu'on parcourt nos traités ou les livres étrangers : à part des indications sommaires sur le mode de distribution en général des artères et des veines dans le tissu osseux, on ne trouve aucune description précise des origines, de la disposition et des connexions du système vasculaire des os ; aucune formule générale typique n'en a été dégagée et c'est avec raison que le professeur Testut écrivait, en 1880, dans sa thèse d'agrégation sur les vaisseaux des tissus conjonctifs, fibreux, séreux et osseux : « Lorsqu'on parcourt dans les traités classiques... l'histoire de ces tissus, un fait frappe l'esprit : c'est le délaissement relatif dont ils sont l'objet. On s'étend sur leur configuration et

leurs rapports, on décrit leur texture, on leur accorde des propriétés physiques, mais, quand on arrive à la question de leur vitalité, on en parle à peine... A peine signale-t-on, sans les décrire, les vaisseaux et les nerfs, comme si ces tissus étaient, sous ce dernier rapport, déshérités de la nature... »

Aujourd'hui, malgré la publication de nombreux travaux concernant particulièrement la structure microscopique des vaisseaux de la moelle ou des capillaires des canaux de Havers, il reste encore à étudier les origines du système vasculaire des os, à définir ses relations avec les vaisseaux principaux de l'organisme ou ceux des tissus avoisinants, enfin à rechercher la disposition caractéristique, pour un os déterminé, de ses artères et veines et à dégager pour un type des trois groupes principaux d'os (longs, larges et courts) la formule ou la loi générale qui régit sa nutrition.

Les connaissances approfondies qu'on possède maintenant sur le squelette de l'homme et des vertébrés, l'importance capitale du système osseux dans la mécanique physiologique du corps, l'impulsion vigoureuse donnée à la chirurgie des os par le professeur Ollier et l'Ecole de Lyon notamment, nous ont paru constituer des motifs suffisamment valables pour entreprendre l'étude de la vascularisation osseuse et essayer de contribuer, autant que possible, à étendre et préciser les notions générales fournies par les auteurs sur ce point particulier de l'anatomie.

Toutefois, en raison des difficultés considérables et

de la longueur de temps qu'exigeait une semblable étude, nous avons limité notre sujet à la circulation artérielle des os longs des membres, tout en conservant l'espoir de l'étendre ultérieurement à tous les os de l'organisme humain.

C'est au laboratoire d'anatomie, de la Faculté de médecine de Lyon, dirigé par le professeur Testut, que nous avons fait nos recherches et c'est, guidé par l'inspiration suggestive de notre maître, que nous avons recueilli nos observations anatomiques, étudié les faits et obtenu les résultats consignés dans ce mémoire. Nous présentons à notre excellent maître l'hommage de notre gratitude profonde, pour les conseils si autorisés qu'il nous a prodigués et l'appui bienveillant qu'il n'a cessé de nous témoigner depuis que nous eûmes l'honneur d'entrer dans son laboratoire.

Aux maîtres qui nous ont dirigé dans les hôpitaux, alors que nous étions leur externe ou leur interne, nous exprimons nos sentiments de reconnaissance et de dévouement : aux professeurs Ollier, Poncet, Lépine, Gailleton, M. Pollosson ; aux docteurs Gangolphe, chirurgien-major de l'Hôtel-Dieu, Drivon, Weill, Vinay, médecins des hôpitaux.

Le Dr Colrat, médecin de la Charité, les D^{rs} Mouisset et Vallas, médecin et chirurgien des hôpitaux, Vialleton, professeur agrégé à la Faculté, ont fait preuve à notre égard d'une bienveillance affable et obligeante : qu'ils veuillent bien agréer nos remerciements et l'expression de notre vive gratitude. Nous inscrivons aussi

le nom du professeur Léon Tripier, dont nous étions l'interne au moment où ce distingué chirurgien fut brusquement enlevé par la mort à ses amis, à ses élèves.

Nous diviserons notre travail en cinq chapitres :

1° Le chapitre I^{er} comprendra l'histoire de la question ;

2° Le chapitre II, la technique employée pour les injections des artères osseuses ;

3° Dans le chapitre III, j'étudierai successivement la circulation artérielle des os longs des membres, l'humérus, le radius et le cubitus, le fémur, le tibia et le péroné ; j'indiquerai pour chacune de ces pièces squelettiques, d'une part les origines et la disposition de ses artères, d'autre part les modifications des aires vasculaires dans les divers stades embryonnaire et infantile, adulte et sénile ;

4° Dans le chapitre IV, je décrirai synthétiquement la circulation artérielle des os longs et, à ce sujet, j'essaierai une étude comparative des circulations artérielles des os longs des membres thoraciques et pelviens ;

5° Enfin, dans le chapitre V, je tirerai des faits énoncés dans les chapitres précédents quelques déductions expérimentales, physiologiques et pathologiques.

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE

Les anciens anatomistes ont signalé des vaisseaux à la surface des os; par leur importance, l'existence des artères nourricières n'avait pu leur échapper; aussi les trouve-t-on citées dans les « Epistolæ » de LEUWENHÆK et les ouvrages spéciaux de HAVERS (1), de RUYSCH. Havers décrivit, en 1691, dans la substance osseuse les canalicules qui portent son nom. Ce fut en sectionnant des os de bœuf qu'il les aperçut; il les observa ensuite sur ceux de l'homme : *Pariter eos in humano osse, non sine summa delectatione, intuitus sum*. Havers distinguait deux sortes de canalicules, les transversaux et les longitudinaux; il admettait leurs

(1) HAVERS, *New Observations of the Bonds and parts blinding tothem*, 1691; et : *Osteologia nova*, Francfurti, 1692.

communications réciproques et supposait l'existence dans leurs cavités d'un liquide huileux qu'ils puisaient dans le canal médullaire : *Per os medullosum oleum seipsum diffundit, laminisque immediate providet.*

Ces canalicules vasculaires avaient été vus, en 1686, par Leuwenhœk qui, le premier, les signala (Académie des sciences de Londres). Pris d'abord pour des globules par l'auteur, ils furent ensuite considérés comme des tubes.

C'est ALBINUS (1) qui, en 1754, démontra que les canalicules de Havers contenaient des artérioles; en injectant des vaisseaux, il vit que les canalicules étaient remplis [par l'injection : *Postquam autem vasa implevi, diffractis ossibus per longitudinem non vacuos, sed impletos canaliculos illos eorum vidi.*

Au commencement du siècle, BICHAT, le créateur de l'anatomie générale, indiquait dans l'étude du tissu osseux le dispositif vasculaire à la superficie et dans l'intérieur de l'os; il insistait déjà sur le nombre des canaux vasculaires et des vaisseaux des os chez les enfants, la diminution de ce nombre chez l'adulte et leur rareté chez les vieillards.

En 1822, TIEDEMANN (2) représentait dans son magnifique atlas « des artères du corps humain » les circulations artérielles des os du coude et du genou, et J. CLOQUET (3) reproduisait quelques années plus tard

(1) B. S. ALBINUS, *Noræ Observat. de ossibus*, Lugduni, Batav., 1754.

(2) TIEDEMANN, *Tabulæ arteriarum corporis humani*, Carlsruhæ, MDCCCXXII.

(3) J. CLOQUET, *Anatomie de l'homme ou Descriptions et figures lithographiées de toutes les parties du corps humain*, tome IV, planche 199. Paris, 1828.

ces mêmes planches dans son *Anatomie de l'Homme*. Mais les descriptions données par ces auteurs sur le système vasculaire des os ne comportent aucune étude précise de ses origines et de la circulation intra-osseuse. GERDY (1) dans sa *Note sur la structure des os*, ne fait qu'attirer l'attention sur les vaisseaux des lames osseuses.

La première étude précise des vaisseaux propres des os est due à BOURGERY (2). On lit dans son atlas une description générale de leur système vasculaire, artères et veines; il n'y a rien à changer aux données générales fournies par cet auteur et l'on ne peut que regretter l'absence, dans les planches représentant les vaisseaux de quelques os, des relations de ces vaisseaux avec les troncs principaux ou ceux des tissus avoisinants. D'ailleurs, l'étude analytique de la circulation pour un os particulier fait totalement défaut, et les descriptions de Bourgery valent exclusivement, par leur caractère, de généralités. Cet auteur s'attribue le mérite d'avoir le premier élucidé « ce sujet jusqu'à ce jour fort obscur, — personne n'ayant injecté avant nous les vaisseaux propres des diverses substances de l'os, et l'existence même de ces vaisseaux n'ayant été admise par les auteurs qui en ont parlé que par analogie ou du moins en ce qui concerne l'observation visuelle, que dans les cas pathologiques et seulement à la superficie pour les vaisseaux des deux enveloppes, le périoste et la membrane médullaire (3). »

(1) *Bulletin clinique*. Paris, 1835, avec figures.

(2) BOURGERY, *Anatomie descriptive ou physiologique*, t. IV, Paris 1835.

(3) *Ibid.* p. 144.

Depuis Bourgery, les anatomistes paraissent s'être peu souciés de la disposition macroscopique des vaisseaux osseux, et malgré les études expérimentales mémorables faites sur le rôle du périoste et du cartilage de conjugaison, auxquelles s'attachent spécialement les noms de DUHAMEL, FLOURENS, OLLIER, le point spécial de la nutrition osseuse par les vaisseaux à sang rouge a été à peine effleuré. L'expérimentation physiologique seule a tenté.

Nous ne ferons que rappeler les travaux histologiques spéciaux sur la structure des capillaires de Havers, dus en particulier à RAUBER, qui (1886) signala dans les canaux de Havers, l'existence de gaines périvasculaires avec revêtement endothélial, celle de BÜDGE (*Arch. de Max Schultze*, 1887) sur le même sujet; les recherches de ROBIN, de BIZZOZERO (1) et MORAT (2) sur la moelle, qui visent spécialement la structure histologique des tissus médullaires, la disposition des artères et des veinules intramédullaires; les travaux déjà anciens de BRESCHET sur les canaux du diploé, etc. Ces divers sujets sont en dehors du cadre que nous nous sommes tracé, car nous n'avons voulu faire dans ce mémoire qu'une étude d'anatomie pure, à laquelle nous avons ajouté quelques déductions physiologiques ou pathologiques.

Mentionnons encore, à un point de vue spécial, les recherches de SAPPEY, sur les rapports des veines intra-osseuses avec les artères nourricières. Cet anatomiste a démontré que « dans les os longs, les veines n'accompagnent nullement les vaisseaux artériels, ou

(1) *Sulla Midolla delle ossa*, Naples, 1869.

(2) *Contribution à l'étude de la moelle des os*, Paris, 1873.

ne s'accolent à ceux-ci qu'incidemment ; presque toutes les veines se dirigent vers les extrémités et sortent par les orifices si nombreux et si larges dont celles-ci sont criblées sur leur pourtour, d'où sans doute la rareté des phlébites au niveau du canal médullaire et la fréquence de ces phlébites au niveau des extrémités. Aux divisions de l'artère nourricière, succèdent des ramuscules veineux qui se portent vers l'une et l'autre extrémité, pour se joindre à celles du tissu spongieux ; deux veinules, sans importance, suivent seules un trajet rétrograde et viennent s'appliquer au tronc de l'artère nourricière. C'est pourquoi le conduit qui reçoit cette artère est si petit lorsqu'on le compare aux orifices par lesquels sortent les veines des extrémités (1). »

Quant aux recherches du même auteur et celles de Cruikshank, Breschet, Bergmanns, Bonnamy, sur les lymphatiques des os, elles n'entrent pas dans notre sujet. La littérature étrangère ne nous a pas fourni de documents sur le point spécial d'anatomie que nous poursuivons (2).

(1) SAPPEY, *Traité d'anatomie descriptive*, 3^e édition, t. I^{er}, p. 101.

(2) Voir pour plus de détails : L. TESTUT, *Vaisseaux et Nerfs des tissus conjonctifs, fibreux, séreux et osseux*. Paris 1880.

CHAPITRE II

TECHNIQUE

Nous avons expérimenté divers procédés pour les injections des artères périostiques et osseuses. Ils se résument dans les trois méthodes suivantes : « 1° procédé d'injection à froid au moyen d'un mastic, dont le corps gras est soluble dans un liquide tel que l'éther ou le sulfure de carbone ; 2° procédé d'injection à chaud d'un corps fondu (suif, cire) ; 3° procédé d'injection avec des corps absolument liquides (mercure, collodion, gélatine liquéfiée).

Ces divers moyens ont été mis en pratique avec des résultats variables.

1° Injection au mastic. — Systématiquement, nous adoptons de préférence le procédé d'injection au

mastic indiqué par Teichmann. Il est d'ailleurs connu depuis longtemps à Lyon, où l'ont introduit les professeurs Laskowsky (de Genève), et Crolas ; et pratiqué couramment au laboratoire d'anatomie de notre Faculté. L'injection de Teichmann a été l'objet d'un mémoire dû à Lejars (1) qui la vit pratiquer à Cracovie par l'auteur lui-même. Voici la technique du procédé : La matière à injection se prépare à l'aide du sulfate de chaux précipité ou du carbonate de chaux finement pulvérisé, ou encore de l'oxyde de zinc (cette dernière substance est réservée pour les fines injections, ainsi que le recommande Teichmann). La masse pulvérulente est colorée, pour l'injection des artères, au vermillon en poudre fine, dont les grains élémentaires sont d'un volume inférieur à celui des globules rouges. Les proportions de substance fondamentale et de matière colorante sont ainsi fixées par Teichmann :

MASSE FINE		MASSE ÉPAISSE	
Craie	50 grammes.	Craie	50 grammes.
Rouge, bleu . . .	10 »	Matière colorante .	10 »
Huile de lin . . .	» 12 cc.	Huile de lin	» 10 cent.
Sulfure de carbone	» 15 à 20 cc.	Sulfure	» 50 »

Puis on triture dans un mortier avec le pilon en versant de l'huile de lin crue ou cuite (cette dernière plus épaisse, plus homogène, est préférable pour obtenir une bonne consistance du mastic). Quand la masse est d'une consistance bien homogène, comparable à celle du goudron de pharmacie, on la délaye dans un liquide

(1) *La Masse de Teichmann*, Steinheil, 1888, et *Progrès Médical*, juin 1888.

dissolvant de l'huile, au moment où l'on s'apprête à pousser l'injection. Les solutions faites trop hâtivement ont pour inconvénient d'amener la précipitation des grains de poudre et de nuire ainsi à la parfaite consistance de la pâte ; il est d'ailleurs bon de triturer le liquide avant de l'utiliser.

Le dissolvant habituellement usité est le sulfure de carbone, qui, malgré certains inconvénients inhérents à son odeur, à sa toxicité relative, à sa grande inflammabilité, donne, mélangé à la masse, un liquide de consistance bien homogène. Toute espèce d'accident peut être écartée, d'ailleurs, en opérant dans de bonnes conditions d'aération et loin du feu. La fluidité à obtenir du mélange est variable : elle doit être comparable à celle de l'eau pour les injections des fines artérioles ; pour celles des gros troncs artériels, sa consistance peut être relativement épaisse.

On peut encore employer, comme dissolvant de l'huile, l'éther ou l'essence de térébenthine, la benzine, etc., mais ces divers liquides, outre leur prix de revient relativement élevé, présentent l'inconvénient de ne pas constituer avec le mastic un mélange bien homogène. Avec l'éther surtout, on voit le mélange se séparer rapidement dans un vase en deux couches : une profonde, sorte de boue formée par les matériaux solides, sulfate de chaux, matière colorante ; une superficielle, qui est de l'éther à peu près pur. Dans une seringue chargée avec le mélange, la séparation se produit presque immédiatement et la partie solide, poussée en premier lieu, obstrue rapidement les fines canules.

La sulfure de carbone offre donc des avantages pratiques. Quant à l'instrumentation exigée pour une semblable injection, elle ne comporte que l'emploi d'une seringue ordinaire avec ses différents ajutages. Nous avons utilisé aussi la seringue de Teichmann dont le piston est monté sur une tige en pas de vis, mue elle-même par une poignée semblable à celle d'un tire-bouchon. Cette seringue permet de développer sans effort une pression lente et continue : c'est là son seul avantage ; la seringue ordinaire suffit pratiquement.

Avant de pousser l'injection au mastic dans un tronc artériel, il est bon, d'après notre expérience personnelle et d'après les résultats obtenus, de faire un *lavage* préalable des vaisseaux par une injection à la térébenthine. Habituellement, ce lavage, pratiqué une heure ou deux avant l'injection définitive, distend, en quelque sorte les vaisseaux rendus plus aptes à recevoir la masse même. D'autrepart, la térébenthine, absolument liquide, file sous l'effort de la pression dans les capillaires et reflue par les veines ; il n'y a donc pas crainte de rupture vasculaire, si l'on opère avec prudence.

Quant à l'injection définitive, nous la poussons toujours pour remplir sûrement tous les petits vaisseaux tenus par l'artère principale du membre : il ne faut pas songer à injecter directement par une artère osseuse, même volumineuse ; on n'aurait que des résultats incomplets par ce dernier procédé. Il faut même pour réussir une bonne injection la pousser bien au-dessus de l'artère principale d'un membre par l'iliaque primitive, par exemple pour le membre inférieur ; par la sous-clavière pour le membre supérieur. Les anastomoses

multiples qui relient la circulation d'un membre à celle du tronc justifient cette façon de procéder; d'ailleurs la pièce supérieure du squelette d'un membre reçoit généralement quelques vaisseaux de branches artérielles issues d'artères principales du tronc (ex. : la tête du fémur). Il est bon de se munir de pinces hémostatiques pour arrêter les fuites qui pourraient se produire quand le sujet a été autopsié ou partiellement divisé.

Les avantages que nous avons trouvé au mastic de Teichmann résident dans les faits suivants : son maniement est simple, assez rapide (la préparation du mastic peut être faite quelques minutes avant son utilisation), les injections peuvent être poussées lentement et sûrement pendant un temps relativement considérable. J'ai expérimenté sur des pièces avec un appareil à injection continue (entonnoir, tuyau et canule), de manière à remplir aussi complètement que possible les vaisseaux, et cela pendant deux ou trois heures. Ce procédé n'a pas l'inconvénient d'amener comme le suif, des coagulations rapides du liquide de l'injection et la perte irrémédiable d'une pièce. Enfin, avantage très sérieux : le mastic pénètre admirablement jusque dans les plus petits vaisseaux et peut même remplir les veines en franchissant les capillaires. Les pièces injectées au mastic sont disséquées facilement, dès le deuxième jour qui suit, et les artères, admirablement colorées, sont d'une étonnante netteté. Ces vaisseaux, ainsi remplis par la masse de Teichmann, sont plus durs et moins cassants que ceux injectés au suif. On peut d'ailleurs rendre les artères flexibles et élastiques en incorporant

à la masse du caoutchouc non vulcanisé, en solution plus ou moins sirupeuse (Laskowsky).

La conservation des pièces injectées dans l'alcool, le chlorure de zinc, les solutions de formol, est facile : le mastic coloré résiste parfaitement. On peut même faire décalcifier des os dans l'acide chlorhydrique dilué, sans que la substance fondamentale (sulfate de chaux) de l'injection soit attaquée.

2° Injection à chaud. — Elle se pratique couramment dans nos salles d'amphithéâtre, où les élèves font eux-mêmes les injections des sujets.

On utilise du suif blanc fondu par la chaleur et coloré au noir de fumée, au vermillon, au bleu de Prusse, etc. Ce procédé convient pour les injections des grosses branches ; dès qu'il s'agit d'emplir les petits vaisseaux, il exige des soins particuliers d'une extrême minutie : les pièces doivent être chauffées à une température suffisamment élevée pour que la coagulation du suif ne puisse être retoutée ; la masse à injection elle-même doit être constamment chauffée ; en dépit de ces précautions, on a souvent des accidents qui compromettent à peu près fatalement le succès de l'injection. Enfin, la dissection des artères est moins facile, car la consistance de ces vaisseaux dénudés par le scalpel devient vite inégale : le suif se fragmente, l'artère se transforme en une sorte de chapelet dont les grains sont formés par la matière friable. Souvent aussi, les pièces conservées et exposées à une température extérieure un peu élevée, laissent suinter du suif par les ouvertures et les tuniques des vaisseaux. Aussi, donnons-nous la préférence au

mastie de Teichmann, malgré la puissance de pénétration des injections au *suiif filtré*.

3° Injections au mercure, au collodion, à la gélatine. — Nous avons peu utilisé ces divers procédés. L'injection au mercure est d'un maniement bien moins facile que celle de Teichmann ; elle exige une instrumentation assez compliquée. La puissance de pénétration du mercure a pour inconvénient de remplir indifféremment artérioles, capillaires, veinules et lymphatiques. Enfin, les vaisseaux injectés, ouverts par accident, laissent filer le corps et désormais les vaisseaux sont vides et peu visibles. Enfin la conservation des pièces ainsi injectées est moins facile que toute autre.

L'injection au collodion, recommandée à Lyon par le professeur Crolas, est très pénétrante ; son application exige les temps de préparation suivants :

1° On dissout une dinitrocellulose dans un mélange d'éther et d'alcool à 1/3, ou une cellulose moins nitrée dans de l'alcool méthylique de manière à obtenir un liquide sirupeux un peu fluide ;

2° On colore fortement ce liquide en rouge ou en bleu avec le rouge de Bordeaux ou le bleu alcalin de méthyle, matières colorantes solubles.

La technique d'injection est la même que pour les autres. Ce procédé est plus coûteux que les autres ; il nous a paru, malgré l'avantage dû à sa grande puissance de pénétration, offrir l'inconvénient suivant : le collodion en se desséchant se rétracte et les vaisseaux deviennent moins nets.

Enfin nous citons l'injection à la gélatine, dont la grande diffusibilité est un sérieux inconvénient. Il y en a un autre attaché à son emploi : l'impossibilité qu'il y a à conserver la grosse pièce ainsi injectée.

Pour étudier, sur des os injectés, la disposition des vaisseaux dans le tissu osseux même où dans la moelle, nous avons fait usage de deux procédés de décalcification : l'un, couramment pratiqué dans les laboratoires, consiste à faire un mélange d'eau et d'acide chlorhydrique dilué. Les proportions sont indiquées dans tous les classiques ; le temps de macération des pièces est variable : il faut de 8 à 15 jours pour les grandes pièces. On peut au bout de ce temps sectionner sans difficultés le tissu osseux.

Pour la décalcification des os d'enfant, de fœtus ou d'embryon, nous nous sommes arrêté à la technique suivante indiquée par Laurent (1), sauf quelques modifications :

Les os, aussitôt après avoir été dépouillés, étaient fixés par l'alcool fort, puis décalcifiés dans un mélange de :

Acide chromique à 1 %.	16 parties.
Acide acétique glacial.	1 —

La décalcification de petits os est complète au bout de huit à dix jours ; « cette méthode a l'avantage d'être rapide, de décalcifier très complètement et de donner aux os une consistance élastique qui rend très faciles les manipulations ultérieures. » (2).

(1) LAURENT, *Recherches sur les greffes osseuses*. Th. de Bruxelles, 1893.

(2) NOVÉ-JOSSERAND, *Troubles de l'accroissement des os*. Th. Lyon, 1893.

Après un lavage de deux jours dans l'eau courante, les pièces sont déshydratées par un séjour de vingt-quatre heures dans l'alcool absolu et plongées dans le xylol pur pendant plusieurs jours. Ce dernier corps rend en quelque sorte transparent le tissu osseux, dans l'épaisseur duquel on peut suivre la disposition des petits vaisseaux.

CHAPITRE III

ÉTUDE ANALYTIQUE DE LA CIRCULATION ARTÉRIELLE DANS LES OS LONGS DES MEMBRES

Dans le présent chapitre, nous décrirons séparément la circulation artérielle des six os longs des membres : l'humérus, le radius et le cubitus pour le membre supérieur; le fémur, le tibia et le péroné, pour le membre inférieur. Nous laisserons de côté, de propos délibéré, la clavicule, qui appartient à la ceinture et non au membre proprement dit.

Pour chacun des six os précités, nous étudierons d'abord la circulation superficielle, je veux dire le mode de ramification des artères dans le périoste; nous verrons ensuite comment se comportent les artères dans son épaisseur, ainsi que dans la moelle.

D'autre part, respectant la division classique d'un os long en extrémité ou épiphyse supérieure, corps ou diaphyse, extrémité ou épiphyse inférieure, nous étudierons par ordre les réseaux artériels dans chacun de ces trois segments.

§ I^{er}. — CIRCULATION ARTÉRIELLE DE L'HUMÉRUS

La circulation artérielle de l'humérus est commandée par la terminaison de l'axillaire, d'où naissent les deux circonflexes, par l'artère humérale et ses branches de bifurcation au bras.

a) *Circulation superficielle.*

1° Epiphyse supérieure. — L'épiphyse supérieure de l'humérus est embrassée par deux artères courbes, les *circonflexes antérieure et postérieure*, qui, en s'anastomosant l'une à l'autre sur le bord externe du col et de la tête humérale, forment autour de l'épiphyse un véritable *cercle artériel périépiphysaire*.

Cette disposition des artères en cercle autour d'une extrémité, est caractéristique pour un os long, et nous la retrouverons pour les autres os des membres. Le cercle artériel périépiphysaire envoie à la tête de l'os une série de branches soit périostiques, soit intra-

osseuses; ces deux ordres de branches communiquent les premières avec le réseau périostique superficiel de la diaphyse, les secondes avec le réseau de la moelle, au moins chez l'adulte; car chez les jeunes sujets, le disque de cartilage conjugal crée une limite séparative entre les artères intra-osseuses de l'épiphyse et celles de la diaphyse.

La *circonflexe antérieure*, petite branche, quelquefois multiple, naît de l'axillaire au-devant de la circonflexe postérieure, souvent par un tronc commun avec cette dernière. Elle se porte horizontalement de dedans en dehors et de bas en haut, au-dessus des tendons du grand dorsal et du grand rond, recouverte par le coraco-brachial et par la courte portion du biceps, passe sous le tendon de la longue portion de ce muscle, contourne le col de l'humérus, coupe perpendiculairement la coulisse bicipitale, contre laquelle elle est maintenue par la synoviale, et se divise en *rameau descendant* et en *rameau ascendant*. Ce dernier, parvenu à la partie supérieure de la coulisse, s'anastomose par arcade avec le rameau osseux de l'acromiale, et se perd dans la tête de l'humérus. La circonflexe antérieure est donc destinée à l'humérus, à son périoste et à la synoviale de la coulisse.

Les artères fournies à la tête humérale par ce tronc sont assez volumineuses; elles sont au nombre de 3 ou 4 et se distribuent ainsi : deux généralement au trochin (perforantes trochiniennes), une ou deux au trochiter (perforantes trochitériennes). Nous décrirons ces artères à propos de la circulation intra-osseuse. Les rameaux superficiels issus de la circonflexe antérieure

sont très nombreux : ils se distribuent au périoste de la tête et du col, aux ligaments articulaires et à la coulisse bicapitale. Sur le trochiter et sur le bord externe du col chirurgical, les rameaux périostiques des branches terminales de la circonflexe forment un lacis vasculaire, qui s'anastomose avec les mailles périostiques semblables de la circonflexe postérieure. La *branche descendante*, moins développée que la précédente, est une longue périostique, qui descend verticalement sur la face antérieure du corps et de l'os pour s'anastomoser avec une périostique ascendante fournie par une branche musculaire externe, née elle-même de l'humérale. Cette périostique principale, jetée comme une anastomose verticale entre la circonflexe antérieure et l'humérale, donne des rameaux multiples au périoste.

La *circonflexe postérieure* (1) naît en arrière de l'axillaire au niveau de la scapulaire inférieure, qu'elle égale quelquefois en volume. Elle se porte horizontalement en arrière, entre le muscle sous-scapulaire et le grand rond, contourne de dedans en dehors le col chirurgical de l'humérus, en passant successivement entre le vaste interne du triceps et le petit rond, puis sous la longue portion du triceps, avant de s'engager sous le deltoïde, à la face profonde duquel elle s'accôle, en se contournant toujours, de manière à former les trois quarts d'un cercle : elle arrive ainsi jusqu'à la partie antérieure et externe de l'humérus, et se perd dans le deltoïde en s'anastomosant avec les

(1) CRUVÉLHIER : *Anat. descript.*, t. III, p. 164. 1^{re} édit., 1834.

branches deltoïdiennes de l'artère acromio-thoracique. Dans tout son trajet, elle est accompagnée par la veine circonflexe et par le nerf axillaire. Au moment où elle se contourne, la circonflexe postérieure fournit des branches capsulaires et périostiques qui se portent à la capsule de l'articulation scapulo-humérale et au périoste de l'humérus.

De sa courbe à concavité généralement supérieure, s'élèvent des branches artérielles verticales qui fournissent à la tête deux ou trois rameaux perforants, pénétrant à la limite de l'os et du cartilage; puis au périoste du col anatomique et chirurgical; le réseau périostique forme des mailles polygonales, très développées en dehors, où elles s'anastomosent avec des mailles semblables de la circonflexe antérieure, de telle sorte que le cercle artériel est complètement fermé; du bord inférieur de l'arcade descendent aussi de petites branches pour le périoste de la diaphyse.

Le lacis vasculaire périépiphysaire atteint son maximum de développement chez les jeunes sujets dont le cartilage de conjugaison est actif; néanmoins, le cercle artériel de l'épiphyse supérieure humérale est toujours très net chez l'adulte; c'est d'ailleurs un des plus typiques de l'organisme.

2° Diaphyse. — Le réseau artériel du périoste provient sur la face antérieure de la diaphyse de branches transversales nées de l'humérale. Un peu au-dessus du milieu du bras, l'artère bicipitale (qui se distribue à la courte et à la longue portion du biceps) s'applique immédiatement sur l'os et lui fournit une

série de rameaux périostiques, dont les uns s'élèvent verticalement et s'anastomosent avec la périostique principale descendue de la circonflexe antérieure; les autres, transverses ou descendants, fournissent à la partie moyenne du manchon périostique et s'abouchent en bas à des artérioles semblables. Parmi ces dernières, quelques-unes naissent directement du bord externe de l'humérale, surtout à partir du point où cette artère s'infléchit en dehors pour occuper la ligne axiale du membre; d'autres proviennent de deux ou trois branches musculaires transversales généralement peu développées; une périostique principale, très longue, descend habituellement de la dernière musculaire, verticalement, sur la face antérieure de l'extrémité inférieure de la diaphyse et sur l'épiphyse, jouant ainsi le rôle d'une véritable anastomotique qui relie le cercle périépiphysaire inférieur au réseau superficiel de la diaphyse.

En arrière, à la face postérieure de l'humérus, les artères périostiques naissent de sources diverses : soit de l'*humérale profonde*, soit des *collatérales internes*, ou de branches fournies par les *muscles* qui enveloppent le bras. L'humérale profonde abandonne dans la gouttière de torsion des branches périostiques plus ou moins nombreuses qui, jointes à d'autres périostiques, nées des artérioles terminales débouchant des muscles, constituent un réseau, assez riche, en communication avec celui de la face antérieure. La *collatérale interne supérieure*, et surtout l'*inférieure*, fournissent au périoste de l'extrémité inférieure de la diaphyse, en même temps qu'à l'épiphyse, des rameaux transversa-

lement échelonnés sur le périoste, réunissent la branche postérieure de la collatérale interne inférieure directement à l'humérale profonde.

En résumé, l'aire vasculaire du périoste diaphysaire est assez développée, surtout à la face postérieure de l'os ; sur la partie médiane de la face antérieure, dans la région du trou nourricier, se trouve une sorte de zone neutre où les mailles vasculaires sont très rares. Elles deviennent très serrées à l'extrémité inférieure de l'humérus.

3° Epiphyse inférieure. — Tout le réseau superficiel, périostique et articulaire, est formé par les artères du coude, dont les branches vasculaires principales sont décrites dans les classiques. L'extrémité inférieure de l'humérus est enveloppée de mailles artérielles multiples, bien développées et disposées en cercle périépiphysaire.

En avant, le cercle artériel est formé par la *collatérale interne inférieure* qui se sépare de l'humérus, à deux ou trois travers de doigt au-dessus du pli du coude et se portant obliquement en bas et en dedans, se divise un peu au-dessus de l'épitrôchlée en deux branches : l'une, antérieure, passe en avant de l'épitrôchlée et s'anastomose avec la récurrente cubitale antérieure qui s'élève verticalement de l'artère cubitale. Le tronc commun ainsi constitué se dirige transversalement en dehors, forme la branche épitrôchléenne, qui passe un peu au-dessus de la cavité coronoïde et vient s'anastomoser avec la branche transverse épicondylienne ; cette dernière naît, à la face postérieure de

l'épiphyse, de l'humérale profonde, elle-même anastomosée avec la récurrente radiale antérieure. Sur le milieu de l'arcade ainsi créée par l'union à plein canal des deux branches transverses épicondylienne et épitrochléenne, renforcées en outre par des branches ascendantes issues des artères de l'avant-bras, tombe verticalement une longue anastomose née soit de la collatérale interne supérieure, soit directement de l'humérale. Cette anastomotique croise verticalement la face antérieure de l'extrémité inférieure de l'humérus, abandonne des rameaux périostiques et, à sa terminaison, renforce par inosculation le cercle artériel périépiphysaire.

Ce cercle est complété en arrière : au niveau de l'épitrochlée, par le rameau postérieur de la collatérale interne inférieure, véritable ostéo-articulaire qui contourne l'épitrochlée (comme le font les ostéo-articulaires sur l'épiphyse inférieure fémorale), reçoit les anastomoses verticales de la récurrente cubitale postérieure, et se porte alors transversalement en dehors, entre le triceps et la face postérieure de l'humérus, croise la cavité olécranienne et finalement vient s'anastomoser, au niveau de l'épicondyle, avec l'humérale profonde et la récurrente radiale postérieure. Sur le cercle disposé transversalement à la face postérieure du coude vient aboutir perpendiculairement la collatérale interne supérieure, qui descend parallèlement au bord interne de l'humérus, auquel elle est accolée, et s'anastomose directement avec la branche épitrochléenne du cercle qu'elle complète. La collatérale interne peut même remplacer cette dernière branche; enfin, au lieu de

déscendre sur le bord interne de l'humérus, elle peut croiser en diagonale la face postérieure de l'épiphyse et finir sur le milieu de l'arcade.

De l'arcade artérielle, renforcée en haut par les collatérales, en bas par les récurrentes radiales et cubitales, partent une multitude de ramifications artérielles qui couvrent l'extrémité inférieure de l'humérus et les extrémités supérieures des deux os de l'avant-bras ; les mailles artérielles sont extrêmement développées ; elles envoient des rameaux au périoste des trois os, aux ligaments articulaires, à la synoviale, et, chez le jeune, des rameaux perforants pour le cartilage de conjugaison. Ce réseau superficiel du coude est extrêmement développé ; il vascularise non seulement l'extrémité inférieure de l'humérus, mais encore la partie supérieure du radius et du cubitus.

b). *Circulation intra-osseuse et médullaire.*

1° Extrémité supérieure. — Nous avons vu que du cercle artériel fourni par les circonflexes naissent, pour la tête humérale, trois ou quatre branches perforantes en avant et autant en arrière. Ces branches perforantes s'enfoncent sur le pourtour du col anatomique dans l'os, sur les bords mêmes du cartilage articulaire. En avant, on trouve une ou deux perforantes trochitériennes bien développées généralement, et autant pour le trochin ; pour le trochiter, la perforante principale est à l'extrémité supérieure de la coulisse bicipitale.

En arrière, c'est-à-dire sur la face postérieure de la

tête humérale et du col anatomique, les branches verticales nées de la circonflexe postérieure fournissent, sur les limites de l'os et du cartilage, deux perforantes habituellement.

Chez les jeunes sujets, on voit ces diverses branches perforantes se réunir par des rameaux transversaux dans le périchondre du cartilage articulaire et former au niveau du col anatomique, un petit cercle artériel d'où naissent de petites branches péri et intrachondrales. Quant aux grosses branches perforantes, on les voit s'orienter ordinairement vers le centre de la sphère que forme la tête humérale, marcher dans le cartilage, vers le noyau d'ossification. Elles sont logées dans de larges canalicules creusées dans le tissu chondral et apparaissent sur des coupes transversales de la tête, soit comme des points, soit comme des stries.

Chez l'adulte, persistent généralement quelques rameaux spongieux au voisinage des éminences trochitériennes et trochiniennes ; ces rameaux spongieux peuvent même être suivis jusqu'au centre de la tête. Ils communiquent en bas avec le réseau de la moelle.

3° Diaphyse. — Sur la face interne de l'humérus, un peu au-dessous de sa partie moyenne, se trouve le canal nourricier de l'os (il peut être sur la face externe et sur la face postérieure, d'après Cruveilhier), dirigé de haut en bas (1). Par l'orifice externe elliptique,

(1) La direction des trous nourriciers de l'os, signalée dans tous les traités classiques, a été diversement expliquée. En réalité, la direction même du trou ne serait pas sans importance pour la répartition de la nutrition de l'os ; j'ai remarqué que le tronc de bifurcation principal

généralement assez large, s'engage l'artère nourricière de la diaphyse, ou mieux l'*artère médullaire*. Fournie par le tronc même de l'humérale, quelquefois par une collatérale au tiers supérieur ou à la partie moyenne du bras, la médullaire assez grêle se porte transversalement de dedans en dehors, en décrivant parfois une ou deux courbes, vers le canal nourricier de l'humérus, qu'elle suit sur un trajet long de 1 à 2 centimètres environ. Bifurquée à sa sortie du canal en une branche supérieure et une inférieure, l'artère se prolonge en bas par sa branche de bifurcation principale, c'est-à-dire l'inférieure, jusqu'au tissu spongieux de l'épiphyse ; la branche inférieure plonge dans la moelle, se rapproche de la paroi antérieure de la diaphyse et se divise en 2 ou 3 rameaux secondaires, d'où partent de fines artérioles médullaires transversales ou obliques ; ou bien la branche s'épuise directement en émettant jusqu'au contact du bulbe épiphysaire, des rameaux qui vascularisent la moelle. — La branche supérieure de la nourricière médullaire de l'humérus est bien moins développée ; elle s'épuise assez rapidement en rameaux grêles dans la moelle de la diaphyse et sur les aréoles du tissu compact et spongieux.

d'une nourricière arrivée dans la moelle, était celui qui prolongeait la direction du canal nourricier. On doit tenir compte, pour expliquer la direction d'un trou nourricier, du trajet primitif de l'artère médullaire. Je veux dire que la direction primitive de l'artère, avant son entrée dans le canal, crée la direction consécutive de son canal osseux, fait comparable d'ailleurs au trajet des gouttières creusées sur les os plats par des artères qui y sont accolées. Il est vrai qu'il reste toujours à donner l'explication de ce fait anatomique : les artères nourricières au membre supérieur se dirigent vers le coude, au membre inférieur elles fuient le genou.

3° Extrémité inférieure. — De l'arcade artérielle, précédemment décrite, partent pour l'épiphyse inférieure : le cartilage de conjugaison chez les jeunes et les surfaces articulaires revêtues de cartilage, des artères perforantes, assez fines. Ces artères se dirigent obliquement de bas en haut et convergent vers le noyau d'ossification ou la bande du cartilage de conjugaison, chez le fœtus et le jeune enfant.

Chez l'adulte, elles ne sont presque pas visibles sur des coupes transversales de l'épiphyse ; au pourtour du cartilage articulaire et de l'os rampent encore des vaisseaux artériels, qui fournissent au périchondre, au périoste et aux parties molles ligamenteuses.

§ II. — CIRCULATION ARTÉRIELLE DES DEUX OS DE L'AVANT-BRAS

Au lieu d'étudier séparément les vaisseaux dans un os déterminé, nous décrirons dans son ensemble la circulation du radius et du cubitus. A vrai dire, une artère commande presque à elle seule la nutrition du squelette de l'avant-bras : c'est l'*artère interosseuse*, qui fournit une multitude de rameaux périostiques non seulement aux faces antérieure et postérieure des deux os, mais encore envoie au moins une nourricière médullaire et souvent les deux nourricières du radius et du cubitus. Les troncs mêmes de la radiale et de la cubitale donnent des branches surtout aux deux extré-

mités des os, embrassées chacune dans un cercle artériel périépiphysaire commun.

a). *Circulation superficielle.*

1^o Extrémités supérieures. — Elles sont enveloppées par un circuit artériel commun, siégeant un peu au-dessous des extrémités mêmes, au niveau du col de la tête radiale et de la base de l'apophyse coronoïde. Le cercle artériel périépiphysaire unique est formé : en avant et en dehors par la *récurrente radiale antérieure*, sur le milieu par une *branche arthro-périostique*, en dedans par la *récurrente cubitale antérieure*; en arrière, la face postérieure des extrémités des deux os est enveloppée par un lacis vasculaire fourni par les *récurrentes cubitale et radiale postérieure*, auxquelles viennent s'adjoindre, sur les bords des deux os, les anastomoses du demi-cercle antérieur. Par suite, le cercle est complet.

La *récurrente radiale antérieure* naît en arrière de la radiale, immédiatement au-dessous de l'origine de cette artère; très considérable parfois, elle descend un peu pour se réfléchir de bas en haut, en décrivant une courbe à convexité inférieure, et se place entre le long supinateur et le brachial antérieur. En avant de l'épicondyle, elle s'anastomose avec la branche de bifurcation antérieure de l'humérale profonde. Dans son trajet, elle est appliquée au-devant du col et de la

tête radiale; elle envoie à leur face antérieure une série de branches transversales, des périostiques grêles, indépendamment de rameaux capsulaires et musculaires.

L'arthro-périostique est une petite artère qui sort de la cubitale au moment où ce tronc décrit son coude pour se porter en dedans et en bas. Dirigée verticalement au-devant de l'articulation radio-cubitale supérieure, l'arthro-périostique envoie des rameaux aux ligaments de l'articulation et à la synoviale sigmoïdienne; quelques rameaux contournent le col radial, en pénétrant dans l'espace interosseux, et viennent s'anastomoser en arrière sur le pourtour du col, avec des branches périostiques de la récurrente radiale postérieure, née de l'interosseuse.

La *récurrente cubitale antérieure*, habituellement fournie par un tronc commun avec le récurrente postérieure, qui se détache de la partie postérieure de la cubitale immédiatement au-dessous de son origine, se porte entre le brachial antérieur et le rond pronateur et donne — outre des musculaires aux épitrochléens — une série de rameaux périostiques, dont les mailles couvrent les faces antérieure et externe de l'apophyse coronoïde; ils s'anastomosent en dehors avec l'arthro-périostique; parmi ces rameaux de la récurrente cubitale antérieure, quelques-uns verticaux vont aux ligaments de l'articulation du coude, d'autres contournent la face interne de l'apophyse coronoïde, passent sous le ligament latéral interne du coude et vont s'anastomoser en arrière, sur l'olécrane, avec la *récurrente cubitale postérieure*.

Celle-ci, plus volumineuse que la précédente, passe derrière les muscles insérés à l'épitrachée, se place entre cette éminence et l'olécrane en traversant les insertions supérieures du cubital antérieur, au-devant du nerf cubital. Dirigée à peu près verticalement, la récurrente cubitale postérieure couvre de ses ramifications la face postérieure de l'olécrane, le tendon d'insertion du triceps, l'épitrachée et la synoviale articulaire. Les rameaux périostiques sont anastomosés en dehors avec la récurrente radiale postérieure par des arcades transversales, en haut avec la branche postérieure de la collatérale interne inférieure et avec la collatérale interne supérieure.

La *récurrente radiale postérieure*, née de la partie la plus élevée de l'interosseuse postérieure, est d'un volume tel qu'elle peut être considérée comme une véritable branche de cette dernière artère ; elle s'élève verticalement entre l'anconé et le cubital postérieur qui sont en arrière et le court supinateur qui est en avant, longe le bord externe du cubitus et de l'olécrane (l'artère se trouve souvent accolée à la face postérieure de cette éminence), en haut se place derrière l'épicondyle et s'anastomose au côté externe de l'articulation du coude avec les multiples divisions cutanées, musculaires et périostiques de l'humérale profonde. Dans son trajet vertical, la récurrente radiale postérieure envoie en dehors et en dedans des branches transversales périostiques anastomosées en arcade avec l'arthropériostée et la récurrente cubitale postérieure ; ces branches vont au périoste de l'olécrane, du col radial, des articulations radio-cubitale et du coude.

Il existe donc autour des extrémités supérieures des deux os de l'avant-bras un cercle artériel extrêmement développé, comparable au cercle artériel du genou, et qui, relié à celui de l'extrémité inférieure de l'humérus, forme autour du coude un véritable réseau artériel, à mailles multiples, aux angles arrondis, à la constitution duquel participent neuf branches artérielles importantes, nées de l'humérale ou de ses deux troncs de division. Ce réseau du coude relie la circulation des os aux circulations des muscles et de la peau des régions avoisinantes.

2° Diaphyses. — La circulation superficielle est fournie presque dans sa totalité par une artère importante qui joue, à l'avant-bras, le même rôle que la tibiale antérieure à la jambe : *c'est l'artère interosseuse antérieure*. Sur les bords extrêmes des deux os le réseau périostique est alimenté par quelques artérioles venues directement des troncs de la cubitale et de la radiale.

L'artère interosseuse antérieure naît habituellement de la cubitale (1), immédiatement au-dessous du tronc des récurrentes, au niveau de la tubérosité bicipitale du radius, par un tronc volumineux qui lui est commun avec l'interosseuse postérieure. Immédiatement après son origine, l'interosseuse antérieure se porte directement en bas, au-devant du ligament interosseux, contre lequel elle est maintenue par une lamelle aponévrotique, en arrière des fléchisseurs profond des doigts et propre du pouce (dans l'interstice cellulaire de ces

(1) Elle peut provenir de la radiale.

muscles). Elle arrive au bord supérieur du carré pronateur, se place entre ce muscle et le ligament interosseux; contre lequel elle reste accolée et qu'elle traverse vers son extrémité inférieure, un peu au-dessus des épiphyses inférieures radiale et cubitales.

En perforant la membrane interosseuse pour se placer à la face postérieure de l'avant-bras, l'artère ne fait que se bifurquer; en effet, un rameau antérieur, non décrit habituellement par les auteurs classiques, prolonge la direction primitive de l'artère, descend jusqu'à l'articulation radio-cubitale inférieure et, un peu au-dessus de celle-ci, se termine par deux branches périostiques: l'une radiale, l'autre cubitale. Ces deux branches contribuent à former le cercle artériel péri-épiphysaire des extrémités inférieures des deux os de l'avant-bras.

Dans ce long trajet qu'elle parcourt à l'avant-bras, l'interosseuse antérieure fournit au périoste de la face antérieure des os de l'avant bras, des rameaux artériels dirigés transversalement en dehors et en dedans.

Ces rameaux, échelonnés sur toute la hauteur de la membrane, se ramifient surtout au voisinage des insertions de la membrane interosseuse (les bords extrêmes des deux os sont un peu moins vascularisés); ils s'anastomosent entre eux, de manière à développer un riche réseau, qui communique avec les réseaux superficiels des épiphyses.

Sur les bords externe du radius, interne du cubitus; le réseau périostique est renforcé par quelques artères issues immédiatement des troncs mêmes de la cubitale ou de la radiale; généralement assez grêles, ces artères,

au nombre de trois ou quatre pour chaque os, servent en quelque sorte d'intermédiaires anastomotiques entre le réseau périostique de la face antérieure et celui de la face postérieure. Sur le cubitus, il est à remarquer que la nourricière de cet os fournit avant de s'engager dans le canal nourricier, une périostique principale qui contourne le bord interne du cubitus et vient en arrière s'anastomoser avec une périostique semblable, descendue de l'interosseuse postérieure ou de l'antérieure (dans ce dernier cas, cette périostique perfore la membrane d'avant en arrière).

A la face postérieure des deux os de l'avant-bras, existe également un réseau périostique très développé, toujours alimenté par l'interosseuse antérieure. Du bord postérieur du tronc naissent des rameaux qui perforent la membrane interosseuse d'avant en arrière et se dirigent transversalement en dehors et en dedans, sur la face postérieure des deux os. Ce sont des *périostiques principales* au nombre de trois à quatre par os : nous verrons qu'une disposition identique des vaisseaux périostiques existe à la jambe. Ces périostiques principales forment des mailles artérielles bien développées ; en contournant pour la plupart les bords extrêmes des deux os, elles s'unissent au réseau de la face antérieure.

En bas, à l'extrémité inférieure de l'espace interosseux, le tronc perforant de l'interosseuse, qui devient postérieure, se bifurque presque immédiatement en trois branches artérielles principales : une interne, cubitale, croise en diagonale la face postérieure de l'extrémité inférieure du cubitus, fournit à cette partie

de l'os plusieurs rameaux périostiques importants (qui s'anastomosent en arcades avec des rameaux semblables de la branche de division médiane de l'interosseuse), et contribue à former à sa terminaison l'arcade artérielle périépiphysaire; une branche médiane descend verticalement en arrière de la membrane interosseuse, suit un trajet symétrique par rapport à la branche antérieure qui finit en avant l'interosseuse, fournit des rameaux périostiques et articulaires pour l'articulation radio cubitale et réunit par ses anastomoses en arcade la branche de division interne à l'externe. Cette dernière, radiale, croise aussi en diagonale la face postérieure de l'épiphyse inférieure du radius et lui donne de nombreux rameaux périostiques; elle forme en dehors le cercle périépiphysaire inférieur.

3° Extrémités inférieures. — Elles sont entourées par un cercle artériel à la constitution duquel participent en avant et en arrière les branches de division de l'interosseuse; à ces branches viennent s'ajouter d'autres fournies au niveau du cartilage de conjugaison (chez les jeunes sujets) par la radiale et la cubitale.

En avant, la branche antérieure de l'interosseuse, qui prolonge la direction de cette artère après son passage en arrière de la membrane interosseuse, se divise à angle aigu en deux branches, l'une interne, l'autre externe qui se jettent chacune sur les bords interne du radius, externe du cubitus. Du sommet de l'angle part aussi une troisième petite branche artérielle, d'importance minime, qui fournit à l'articulation radio-cubitale inférieure. Ces divisions artérielles, après avoir

fourni des collatérales périostiques aux extrémités inférieures des deux os viennent s'aboucher l'externe dans une branche née transversalement de la radiale, l'interne dans une branche semblable fournie par la cubitale.

La réunion à plein canal de ces dernières artères, dirigées transversalement au-devant des épiphyses inférieures radiale et cubitale, forme le demi-cercle antérieur périépiphysaire renforcé, ainsi que nous venons de le dire, par les anastomoses verticales nées de la bifurcation de l'interosseuse antérieure. Ce demi-cercle antérieur, relié en haut au réseau périostique de la face antérieure des diaphyses par des arcades parallèlement superposées au cercle périépiphysaire et jetées comme des échelons entre les divers troncs artériels principaux, communique en bas par plusieurs rameaux verticaux avec les petites arcades palmaires du carpe destinées aux ligaments, synoviales et tendons. Enfin en dedans et en dehors il est relié au demi-cercle postérieur.

Celui-ci est constitué par les trois branches de bifurcation de l'interosseuse devenue postérieure après perforation de la membrane. Les extrémités terminales de ces trois branches se divisent sur la face postérieure des épiphyses en une série de rameaux artériels communiquant les uns avec les autres sur tout le pourtour des os ; ils sont d'ailleurs renforcés en dehors et en dedans sur les bords extrêmes des deux os par des rameaux transversaux nés de la radiale et de la cubitale. Des anastomoses multiples font communiquer ce réseau périépiphysaire avec celui de la diaphyse en haut,

avec les arcades dorsales du carpe en bas; nous connaissons les anastomoses en dehors et en dedans. Il y a donc continuité absolue entre les divers rameaux du cercle artériel, de telle sorte que les extrémités inférieures des deux os de l'avant-bras sont entourées par un véritable bracelet artériel, d'où partent des artérioles périostiques, osseuses, périchondrales et ligamenteuses pour les os proprement dits, pour le cartilage de conjugaison chez les jeunes sujets, et les articulations radio-cubitales inférieures du poignet. La formation du cercle périépiphysaire inférieur, par les diverses branches précitées, est nette sur les os des embryons et des fœtus; il atteint un développement très marqué sur les os des jeunes enfants, et chez l'adulte il est toujours visible.

b). *Circulation intra-osseuse et médullaire.*

1° Extrémités supérieures. — Le réseau artériel disposé circulairement autour des épiphyses supérieures des deux os de l'avant-bras leur donne un nombre restreint de branches. Il semble que la nutrition de ces épiphyses soit assurée surtout par les artères médullaires qui se dirigent vers le coude. Une disposition semblable existe d'ailleurs pour l'extrémité inférieure de l'humérus. C'est un fait qu'on observe sur tous les os longs des membres : quand le cercle artériel est fortement développé autour d'une épiphyse et lui envoie une série de rameaux perforants, le cercle de l'extrémité opposée est moins développé et cette

extrémité paraît s'alimenter surtout par l'artère médullaire.

On peut voir chez les jeunes sujets de fines artérioles qui, nées des récurrentes, se dirigent obliquement vers l'olécrane, vers l'extrémité supérieure du radius et pénètrent dans le cartilage, où elles s'épuisent rapidement. Elles convergent, suivant un dispositif déjà signalé, vers le noyau d'ossification ou la branche de cartilage conjugal. Ces artérioles sont grêles, visibles à la périphérie; on les retrouve difficilement chez l'adulte.

2° Diaphyses. — Indépendamment des artérioles fournies par la face profonde du périoste et qui s'engagent dans les canalicules de Havers, on trouve pour chaque os de l'avant-bras une nourricière médullaire.

Pour le radius, le trou nourricier est situé à sa face antérieure assez près du bord externe, à la réunion du tiers supérieur de l'os avec ses deux tiers supérieurs; la direction du trou est oblique de bas en haut. La nourricière qui s'y engage provient généralement de l'interosseuse, elle se détache un peu au-dessous de l'origine de cette dernière artère, descend verticalement sur le bord interne du radius, puis se recourbe pour pénétrer dans le canal. L'artère médullaire change alors de direction, elle devient ascendante et, arrivée à l'orifice interne du canal, elle pénètre dans l'épaisseur de la moelle, accumulée à la partie supérieure de la diaphyse. Elle s'y épuise suivant le mode connu jusqu'aux limites du tissu spongieux de la tête. A sa sortie du canal nourricier, l'artère médullaire

envoie à la partie inférieure de la diaphyse une branche verticalement descendante, moins volumineuse que le tronc ascendant, cette branche descendante vascularise la moelle du corps inférieur de la diaphyse.

3° Extrémités inférieures.—Les troncs principaux constitutifs du cercle artériel envoient des branches perforantes aux épiphyses. Ces branches perforantes au nombre de 2 à 3 pour le radius se dirigent, chez les jeunes, dans l'épaisseur du cartilage et vont au centre d'ossification. Il existe, en outre, sur le pourtour de la bande de cartilage conjugal une série d'artérioles ténues qui attaquent le cartilage par ses faces supérieures et inférieures. Dans le périchondre des extrémités inférieures cartilagineuses du fœtus, vers les apophyses styloïdes, on voit naître des artérioles périchondrales, des houppes artérielles qui rayonnent vers le centre du cartilage. Une disposition semblable est particulièrement nette à l'extrémité inférieure du fémur. Chez l'adulte, ces dispositions, effacées en partie, sont visibles par places ; les artères interosseuses ne peuvent être suivies macroscopiquement qu'à la périphérie de l'os.

§ III. — CIRCULATION ARTÉRIELLE DU FÉMUR

a). *Circulation superficielle.*

1° Extrémité supérieure du fémur. —

Il existe autour du col fémoral un cercle artériel complet formé par les deux circonflexes, qui s'élevant

l'une sur la face antérieure du col, l'autre sur sa face postérieure, se rejoignent et communiquent au niveau du bord supérieur du col anatomique. D'autre part, des rameaux émanés du tronc même des circonflexes, transversalement dirigés en dehors, s'anastomosent sur la face externe du grand trochanter et créent un deuxième cercle artériel autour du col chirurgical de l'os, souvent complété en arrière par une branche verticale de la première perforante.

Des anastomoses assez nombreuses relient les deux cercles au réseau périostique de la diaphyse, aux artères de la capsule articulaire et des muscles avoisinants ; enfin les artères intra-osseuses de l'épiphyse proviennent du cercle.

La *circonflexe postérieure*, première branche de la fémorale profonde, après avoir fourni divers rameaux (articulaire (1), musculaires, anastomotiques....) se termine sur la face postérieure du fémur, tout près du bord interne du grand trochanter par une branche assez volumineuse, bien visible après ablation des ligaments articulaires. Cette branche qu'on peut appeler *cervicale postérieure*, s'épuise en une série de rameaux périostiques et osseux transversaux : *sur la face postéro-externe du grand trochanter* (où ils s'anastomosent avec une longue branche verticale fournie par la pre-

(1) La circonflexe postérieure envoie au niveau du pectiné une branche articulaire, qui se porte en haut, s'accole à la capsule articulaire, pénètre dans l'articulation coxo-fémorale, en passant au-dessous du ligament qui convertit en trou l'échancrure cotyloïdienne, et se distribue à la synoviale, au tissu adipeux et à la capsule fibreuse de l'articulation. Cette branche articulaire manque assez souvent, elle est alors remplacée par un rameau de l'obturatrice.

mière perforante, avec des branches de la circonflexe antérieure et abandonnent pour le tissu spongieux trochantérien une perforante); *dans la cavité digitale* (1) (dont ils vascularisent le tissu cellulo-adipeux rougeâtre), *sur le pourtour du col fémoral*; aux limites du cartilage et de l'os, ces dernières branches perforent la capsule articulaire et s'enfoncent dans l'épaisseur de la tête du fémur. — Les ramifications extrêmes de la cervicale postérieure, s'anastomosent, au niveau du bord supérieur du col, avec les branches similaires de la circonflexe antérieure.

La *circonflexe antérieure*, moins volumineuse que la précédente, née quelquefois d'un tronc commun avec la grande musculaire, envoie également par sa branche terminale, qui contourne la base du grand trochanter, une série de rameaux ascendants ou transverses aux faces antérieure et externe de l'extrémité supérieure du fémur: 1° La plus importante de ces branches est la *cervicale antérieure* qui monte verticalement, au-devant du col fémoral, sous la capsule articulaire, et s'épuise en rameaux périostiques grêles sur le col, et capsulaires sur le manchon ligamenteux de l'articulation. Ces rameaux, anastomosés en haut avec les branches terminales de la circonflexe postérieure, fournissent également quelques artérioles à la tête fémorale; 2° En dehors de l'articulation, la circonflexe

(1) C'est au fond de cette cavité qu'on voit déboucher de grosses veines ramenant le sang noir de la moelle et du tissu spongieux du fémur; en poussant une injection par une veine satellite de l'artère nourricière diaphysaire, on voit le liquide injecté sortir à plein canal par les orifices béants de la cavité digitale.

antérieure envoie une ou deux branches trochantériennes dont les ramifications couvrent le périoste de la face antérieure du grand trochanter ; une de ces branches est généralement perforante ; 3°. Au niveau du col chirurgical, descendent de la circonflexe antérieure des rameaux artériels surtout périostiques, anastomosés avec le réseau de la diaphyse.

Sur la face antéro-externe du grand trochanter et du col chirurgical, sur le bord supérieur du col anatomique, les rameaux de la circonflexe antérieure s'insculent à plein canal avec les ramifications de la circonflexe postérieure. Ainsi est formé autour de l'épiphyse supérieure du fémur un cercle artériel complet constitué par les deux circonflexes et leurs branches de division ; elles embrassent dans leur concavité l'extrémité supérieure fémorale, qu'elles vascularisent assez abondamment.

Il est à remarquer que ce cercle est anastomosé : *en haut*, du côté de la tête fémorale, par l'intermédiaire des branches intra-osseuses avec le rameau articulaire de la branche externe de l'obturatrice, qui pénètre dans l'articulation de la hanche à travers l'échancrure ischio-pubienne et se porte, en suivant le ligament rond, jusqu'à la tête du fémur ; des branches de l'articulaire s'enfoncent en outre dans le tissu cellulo-adipeux rougeâtre du fond de la cavité cotyloïde ; *en bas*, avec le réseau du périoste diaphysaire.

2° Diaphyse. — Sur toute l'étendue de la diaphyse, la circulation périostique est constituée par des rameaux artériels provenant : 1° du tronc même

de la fémorale (surtout en avant, où l'on trouve une grande périostique); 2° des artères musculaires : elles criblent la surface du périoste ; 3° de la fémorale profonde : une grande branche descend verticalement en arrière de la ligne âpre et réunit la deuxième perforante à la troisième ; 4° en bas, au voisinage de l'extrémité inférieure du fémur, de la grande anastomotique (qui fournit surtout à l'épiphyse inférieure).

a) A la face antérieure de la diaphyse on voit une artère assez longue, née directement de la fémorale, un peu au-dessous de la fémorale profonde, descendre verticalement sur le périoste diaphysaire, s'y ramifier en une multitude de branches anastomosées entre elles, c'est la *périostique principale supérieure*.

b) La continuité du réseau périostique sur la face antérieure est assurée par des *branches d'origine musculaire* et par une *périostique principale inférieure* née, à la face postérieure du fémur, de l'ostéo-articulaire inférieure. Cette périostique principale inférieure contourne le bord interne du fémur et s'élève verticalement pour s'anastomoser avec les réseaux précités.

c) Sur la face postérieure du fémur, l'aire vasculaire du périoste est formée par des branches des perforantes (la première ou la deuxième donnent la nourricière diaphysaire du fémur). Constamment il existe au niveau de la ligne âpre et appliquée sur le périoste du fémur une branche importante jetée comme une anastomose verticale entre la deuxième perforante (moyenne) et la troisième (inférieure) ; assez volumineuse et longue, cette artère, qui doit être considérée comme une

périostique principale, émet de nombreux rameaux transversaux qui contournent les bords du fémur et complètent par leurs anastomoses le lacis vasculaire du manchon périostique diaphysaire.

d) De la grande anastomotique (considérée par quelques auteurs comme une première articulaire supérieure et interne) partent sur le bord interne du fémur, une, deux ou trois branches périostiques dirigées transversalement sur la face antérieure de la diaphyse.

Il existe donc, sur toute la continuité du périoste diaphysaire, un fin lacis artériel, dont les mailles polygonales sont reliées en haut et en bas avec les réseaux du périoste épiphysaire. Ces artérioles assurent la nutrition de la membrane périostique qu'elles couvrent de leurs ramifications. De la face profonde du périoste s'échappent des rameaux très fins destinés au tissu compact ou spongieux de la diaphyse qu'ils pénètrent par les orifices extérieurs des canaux de Havers, Au voisinage de la moelle, ces ramifications communiquent avec les branches transversales de l'artère médullaire.

3° Extrémité inférieure. — La vascularisation très abondante de l'extrémité inférieure du fémur est extrêmement remarquable, surtout si on la compare à celle de l'épiphyse supérieure. Cette richesse vasculaire est en rapport direct avec la vitalité intense du cartilage de conjugaison et les phénomènes d'accroissement de l'os, qu'on observe à ce niveau chez les jeunes sujets. En règle générale, d'ailleurs, tant que le cartilage de conjugaison conserve son activité,

il existe autour de lui un cercle artériel très développé, surtout chez l'enfant (1) ; chez l'adulte il semble frappé d'arrêt, puis s'atrophie nettement chez le vieillard, toute trace du cartilage épiphysaire et de son activité vitale ayant disparu d'ailleurs chez ce dernier (2).

Le cercle artériel de l'épiphyse inférieure du fémur, situé horizontalement à quelques millimètres au-dessus du cartilage conjugal, est essentiellement constitué par trois artères principales anostomosées entre elles : les *deux artères ostéo-articulaires supérieures*, l'une interne, l'autre externe, et la *grande anastomotique*. Nées à la face postérieure du fémur, de la fémorale à sa terminaison ou de la poplitée, elles contournent les bords de l'os pour se ramifier sur les condyles, qu'elles embrassent ainsi dans leur circuit.

L'*anastomotique* (décrite avec raison par quelques auteurs sous le nom d'articulaire supérieure interne et profonde) est issue de la fémorale au point où cette artère devient poplitée ; elle traverse d'arrière en avant le troisième adducteur et se divise en quatre branches descendantes dont trois, les principales, sont ostéopériostiques : 1° la musculaire, qui pénètre dans l'épaisseur du vaste interne, se dirige en dedans et en bas, gagne le bord du tendon rotulien du triceps et, par-

(1) Chez les jeunes, les vaisseaux osseux atteignent un développement considérable proportionnellement au volume des autres artères : les arcades épiphysaires, notamment, ont un volume relativement énorme.

(2) J'ai injecté au mastic de Teichmann, sous pression lente et continue, pendant une heure, les membres supérieurs et inférieurs d'un vieillard de grande taille mort à 92 ans. Sur ce sujet, les arcades artérielles diaphysaires ou épiphysaires semblaient presque disparues ; par comparaison avec les artères similaires des enfants de 5 à 15 ans, les réseaux de ces os séniles étaient motiés moindres ; il y avait une diminution notable de l'aire vasculaire superficielle et surtout intra-osseuse.

venue au niveau de la base de la rotule, traverse les fibres du muscle, devient superficielle, et se porte transversalement en dehors, le long de cette base pour s'anastomoser en arcade, avec l'articulaire supérieure externe ; 2^o les deux branches périostiques, dont la principale se porte entre le triceps et le fémur, contourne le bord interne du fémur, descend en bas et en dedans, appliqué sur le périoste de la face antérieure de l'épiphyse et vient s'anastomoser à plein canal avec les deux ostéo-articulaires supérieures ; l'autre qui longe le troisième adducteur, contre lequel elle est maintenue par une lame fibreuse et s'anastomose avec la deuxième articulaire supérieure interne qui n'est quelquefois qu'à l'état de vestige et qu'elle remplace dans ce cas. Ces deux périostiques émettent en outre sur toute la face antéro-interne de l'épiphyse une série de rameaux transversaux anastomosés entre eux et avec ceux des artères voisines.

La première périostique est quelquefois si développée qu'elle constitue presque à elle seule le cercle artériel de l'épiphyse ; les deux articulaires supérieures sont alors très grêles.

Indépendamment de la grande anastomotique qui irrigue spécialement le condyle interne, j'ai vu généralement une artère plus grêle, naître de la poplitée un peu au-dessous de la précédente, et suivre un trajet symétrique sur le bord externe et la face antérieure du condyle externe où elle se ramifie, en s'anastomosant avec l'ostéo-articulaire externe : cette artère est une véritable ostéo-articulaire supérieure et externe (il y aurait donc en réalité, pour l'extrémité inférieure du

fémur; quatre articulaires dites supérieures : deux internes, deux externes).

L'*ostéo-articulaire supérieure interne*, ainsi nommée (au lieu d'articulaire) parce que cette artère fournit surtout à l'os et que sa branche principale est le rameau profond ou osseux, sus-condylien, naît immédiatement au-dessus du condyle interne qu'elle contourne horizontalement, un peu au-dessus du cartilage conjugal, et s'anastomose sur la face antérieure du fémur avec l'*ostéo-articulaire externe*, de manière à fermer le cercle sus-épiphysaire. (Un rameau rotulien qui vient de l'*ostéo-articulaire supéro-interne*, se porte sur les bords de la rotule, fournit à la peau, à la synoviale du genou, et s'anastomose avec l'articulaire inférieure interne.)

Le cercle artériel juxta-conjugal est complété ou fermé en dehors par l'*ostéo-articulaire externe*, qui, née sur la face postérieure du fémur, au niveau de la précédente, contourne horizontalement le condyle externe, et après avoir fourni des rameaux musculaires ascendants qui s'enfoncent dans l'épaisseur du vaste interne, se termine par trois artères périostiques : 1° une supérieure, transversale, qui, arrivée sur la face antérieure de l'épiphyse, s'anastomose à plein canal avec la branche correspondante de l'*ostéo-articulaire interne* (ainsi est formé complètement le cercle artériel périépiphysaire); 2° une branche inférieure plus ou moins volumineuse qui descend verticalement sur la face externe du condyle externe, s'épanouit sur cette éminence osseuse et s'anastomose largement par une multitude de rameaux avec l'articulaire inférieure

externe; 3^o un rameau rotulien plus superficiel, qui gagne les côtés de la rotule, au voisinage de son bord supérieur, fournit un rameau transverse qui s'inoscule sur le bord supérieur de la rotule avec un rameau semblable de l'ostéo-articulaire supérieure et interne et un rameau descendant qui longe le bord externe de la rotule et s'anastomose avec l'ostéo-articulaire inféro-externe.

Enfin, en arrière, dans l'échancrure intercondylienne, naissent, de la ou des *articulaires moyennes*, plusieurs petites branches qui pénètrent d'arrière en avant dans l'articulation du genou et se distribuent dans l'échancrure intercondylienne aux ligaments croisés, au tissu adipeux et surtout à l'extrémité inférieure du fémur dans lequel elles pénètrent par les trous que présentent les surfaces internes des condyles. Ces dernières branches osseuses sont anastomosées avec le réseau des périostiques condyliennes.

Le cercle artériel juxta-conjugal, toujours complet, même chez l'embryon où on le voit nettement, formé en dedans par l'ostéo-articulaire interne, en dehors par l'ostéo-articulaire externe, et en haut par la grande anastomotique, donne naissance par son bord inférieur à des branches verticales descendantes, qui couvrent de leurs ramifications les faces antérieure et postérieure des condyles.

Parmi ces rameaux condyliens, quelques-uns plus volumineux perforent l'os à la limite du cartilage pour se rendre dans le bulbe épiphysaire. Les mailles vasculaires, formées par ces branches descendues de l'arcade artérielle, arrivées à la limite de l'os et du

cartilage articulaire, donnent sur les bords mêmes du cartilage, au niveau des points d'insertion de la synoviale, de véritables bouquets artériels, disposés sous forme de houppes visibles par transparence sous le revêtement cartilagineux du pourtour des surfaces articulaires : ce sont les *houppes chondrales*, qui pénètrent directement dans l'épaisseur du cartilage. La direction générale de ces houppes vasculaires est radiée ; elles vont au centre des surfaces articulaires ; quelques artérioles descendent verticalement dans le cartilage, elles apparaissent sous forme de points sur les coupes parallèles aux surfaces articulaires, tandis que les artérioles périchondrales, et intrachondrales radiées ont l'aspect de stries plus ou moins rectilignes à convergence centrale.

Il est remarquable que, de même qu'il existe à la limite du cartilage de conjugaison et de la diaphyse un cercle artériel, on trouve sur le pourtour du cartilage articulaire proprement dit, et de la synoviale une ébauche et même un petit cercle périarticulaire formé par la réunion de plusieurs artérioles d'où partent les houppes précitées.

Ces vaisseaux fins qui cheminent à la limite du cartilage articulaire et de l'os peuvent être suivis assez loin, sans le secours du microscope, jusque dans l'intérieur même du cartilage. Cette disposition en rayons des artérioles chondrales est particulièrement visible sur des cartilages d'os de jeunes enfants ; les houppes artérielles ne sont pas aussi nettes chez l'adulte, elles disparaissent chez le vieillard dont la richesse vasculaire de l'os est sensiblement diminuée.

Il est curieux d'observer que l'aire vasculaire s'étend surtout au-dessous du bord inférieur du cercle : en effet, par son bord supérieur, il n'envoie que de rares et grêles branches périostiques ascendantes ramifiées sur la diaphyse ou dans la graisse et le tissu cellulaire qui tapissent le creux sus-trochléal, disposition d'ailleurs suffisamment explicable par la situation du cartilage de conjugaison et l'accroissement de l'os.

On peut aussi remarquer des différences de vascularisation entre les diverses parties de l'épiphyse inférieure fémorale : il semble, en effet, que tout l'effort de la nutrition par le sang rouge ait porté sur les faces antéro-externe de l'épiphyse dont la face postérieure ou triangle poplité supérieur, criblée de trous vasculaires qui répondent à des veines, livre surtout passage au sang noir désoxygéné. D'autre part, le condyle interne, plus développé et descendant plus bas que l'externe, reçoit un plus grand nombre de vaisseaux.

Nous insistons sur l'excessive abondance des vaisseaux épiphysaires fémoraux ; leurs communications multiples tant avec les gros troncs artériels du membre inférieur qu'avec les artères du périoste, de la synoviale, de la capsule articulaire et de l'extrémité supérieure du tibia, expliquent à l'évidence la solidarité physiologique et pathologique entre les épiphyses et les surfaces articulaires.

Cette multiplicité des anastomoses permet le facile rétablissement de la circulation dans une épiphyse ou dans l'articulation quand un tronc artériel, même principal, est obstrué.

En effet, en poussant une injection par la fémorale,

au-dessus des articulaires, ou même par une des articulaires supérieures internes ou externes, on injecte tout le réseau de l'extrémité inférieure du fémur, de la rotule, et de l'extrémité supérieure du tibia, alors même qu'on a lié la poplitée au-dessus des articulaires moyenne et inférieure. Il y a donc une multitude d'anastomoses entre les diverses arcades articulaires du genou.

Enfin, nous verrons qu'il y a continuité directe ou communication à plein canal par l'intermédiaire de diverses branches, entre la fémorale et les tibiales antérieure et postérieure.

Toutes ces branches ostéo-articulaires, qui vascularisent abondamment l'extrémité inférieure du fémur, sont en communication avec les artères musculaires (ces dernières fournissent aussi aux os) et avec les articulaires moyenne et inférieure qui assurent spécialement la nutrition de l'épiphyse supérieure du tibia.

b). *Circulation intra-osseuse.*

1° **Epiphyse supérieure.** — Les circonflexes donnent quelques branches perforantes distribuées dans le tissu spongieux.

Au niveau du col fémoral, on voit naître de la cervicale postérieure deux ou trois branches perforantes qui, transversalement dirigées de dehors en dedans, pénètrent dans le tissu spongieux de la tête, à la limite du cartilage articulaire et de l'os. Visibles par trans-

parence sur des os d'embryon et d'adulte, ces artères perforantes postérieures contournent la face postérieure du col et de la tête et se divisent en une série de rameaux intra-osseux, qui presque tous forment, dans le tissu spongieux de la tête, des canaux artériels volumineux, très visibles sur de jeunes os.

Ces branches intra-osseuses émettent dans leur trajet des rameaux éparpillés dans tous les sens et dans tous plans, et anastomosés les uns avec les autres de manière à constituer un véritable réseau à l'intérieur de l'os ; néanmoins, leur direction générale est radiée ; ils convergent en effet vers le centre de la sphère que forme la tête fémorale, c'est-à-dire vers le noyau central d'ossification chez le fœtus ou le jeune enfant.

Sur une coupe transversale de la tête, elles offrent l'aspect d'un piqueté (1) ou bien de stries longitudinales ou obliques.

Par le fait des anastomoses établies sur le bord supérieur du col fémoral entre la circonflexe postérieure et l'antérieure, il existe aussi, sur la face antérieure du col et de la tête, quelques perforantes nées de la circonflexe antérieure et qui pénètrent dans la sphère osseuse, entourée ainsi elle-même d'une série d'artérioles rayonnant vers son centre. Au niveau de la fossette d'insertion du ligament rond, on trouve quelques fines artérioles intra-osseuses, fournies par le rameau articulaire soit de l'obturatrice, soit de la circonflexe interne.

Il existe donc autour de la tête fémorale, à l'union du

(1) Sur des os de jeunes enfants ou de fœtus, les artères cheminent en plein cartilage dans de véritables lacunes, beaucoup plus larges que ne le comporte le calibre de l'artère.

cartilage et de l'os, un véritable cercle artériel constitué par des artères osseuses issues des circonflexes. Du cercle artériel naissent des branches radiées qui vascularisent l'os spongieux chez l'adulte, le cartilage de la tête fémorale, en voie d'ossification, chez le fœtus ou l'enfant.

La *circulation intra-osseuse du col et des trochanters* est constituée par des rameaux perforants, provenus des branches terminales des deux circonflexes : on a vu que le cervicale postérieure s'élevait près du bord interne du grand trochanter et envoyait à la cavité digitale des artères dont une ou deux perforent l'os et se distribuent au tissu spongieux trochantérien. En bas, sur la face postérieure, un ou deux rameaux provenus du cercle secondaire qui embrasse le col chirurgical, fournissent aussi à cette éminence osseuse. Du tronc de la circonflexe antérieure part une branche ascendante qui perfore habituellement le grand trochanter à sa base et s'anastomose avec les autres intra-osseuses.

Enfin, les branches terminales des deux circonflexes envoient au col des rameaux perforants assez petits.

Toutes ces diverses artères intra-osseuses sont assez grêles, et déjà peu nettes chez les sujets d'âge moyen.

En résumé : la caractéristique de la vascularisation de l'épiphyse supérieure fémorale est son peu d'abondance en vaisseaux artériels, généralement grêles et assez espacés. On ne trouve pas le puissant lacis vasculaire si développé à l'extrémité inférieure (l'accroissement du fémur se fait surtout en bas). Sur une coupe vertico-transversale du col et des trochanters,

on voit que leur tissu spongieux est surtout occupé par d'énormes veines sinueuses qui viennent déboucher à la superficie de l'os, par les trous multiples, de calibre divers, déjà signalés. Il semble que des déductions au point de vue pathologique s'imposent naturellement : les altérations séniles du col et de la tête, si fréquentes, sont elles en relation avec ce peu d'abondance des vaisseaux artériels ?

2° Diaphyse. — Sa nutrition est assurée par une artère importante : la *nourricière diaphysaire*.

A la face postérieure du fémur, sur la ligne âpre et en un point voisin de sa division en trois crêtes osseuses divergentes, se trouve généralement le trou nourricier du fémur (trou de premier ordre), obliquement dirigé de bas en haut vers l'extrémité supérieure de l'os. Ce trou nourricier, dont la situation, et les dimensions sont variables (1) est habituellement unique : parfois, il existe à la face postérieure du fémur deux trous nourriciers (je l'ai rencontré double deux fois sur 17 pièces); le supérieur est alors plus élevé et rapproché du petit trochanter, le deuxième inférieur est situé, en général, un peu au-dessus de l'origine de la dernière artère perforante (2).

C'est par le trou nourricier que pénètre dans l'os le

(1) Voir thèse de JACQUEMARD : *le Trou nourricier des os longs et sa valeur comme point de repère dans les mensurations de ces os*, Lyon, 1891.

(2) Quand il y a deux trous nourriciers diaphysaires, il y a deux artères nourricières, de calibre égal habituellement, qui toutes deux se divisent dans le canal central de l'os, en branches ascendantes et descendantes; la branche descendante de la première nourricière ou supérieure est anastomosée avec l'ascendante de la deuxième ou inférieure.

vaisseau de nutrition principal de la moelle : *l'artère nourricière diaphysaire ou artère médullaire*.

Née le plus souvent de la deuxième perforante, quelquefois de la première, l'artère nourricière de la diaphyse se porte immédiatement en haut vers l'orifice externe du trou nourricier, s'y engage avec une ou deux veines et suit dans le tissu compact un canal, plus ou moins long, dirigé de bas en haut. Ce canal de la nourricière est obliquement creusé dans l'os; quelquefois très long (je l'ai vu atteindre 5 à 6 centimètres) il s'ouvre par un orifice interne dans la cavité diaphysaire comblée par la moelle. L'artère, accolée aux parois de ce canal, se bifurque au sortir de l'orifice interne en deux branches médullaires : l'une *supérieure* considérable, l'autre *inférieure*. Cheminant dans le tissu de la moelle même, ces deux branches, dont les parois sont minces et friables, deviennent de véritables artères sinueuses, presque hélicines; elles émettent des rameaux transversaux destinés à la moelle osseuse, qui forment un lacis très développé et supporté par les trabécules de la substance osseuse réticulaire. Les branches terminales des artères médullaires ascendante et descendante, viennent, de plus en plus grêles, au contact de la substance spongieuse des épiphyses et là se perdent en un réseau capillaire, anastomosé avec les artérioles intra-épiphysaires. C'est ainsi que s'établit la continuité du réseau artériel dans l'intérieur d'un os long.

Indépendamment de la nourricière principale, la moelle est irriguée, au voisinage du tissu compact, par les artérioles extrêmement fines, provenues du réseau périostal en suivant les canaux de Havers.

Ces diverses sources vasculaires assurent la nutrition de la moelle dans le cas où une branche artérielle serait obstruée. La moelle osseuse, parcourue en outre par des veines sinueuses, est extrêmement vasculaire, surtout chez les jeunes (moelle rouge); chez les vieillards, les artères plus ou moins dégénérées s'atrophient, et la moelle prend une coloration grise ou jaunâtre (moelle grasseuse, gélatineuse), l'os entier est donc chez eux frappé de vice de nutrition. L'abondance des artères dans la moelle explique les battements qu'elle présente sur coupes transversales d'os longs faites *in vivo*.

3° Epiphyse inférieure. — Dans la description des vaisseaux superficiels de l'extrémité inférieure du fémur, nous avons signalé l'extrême abondance des vaisseaux et vu qu'il existait, à ce niveau, un type de cercle artériel périépiphysaire.

Cette richesse vasculaire se retrouve dans le tissu spongieux de l'épiphyse, soit au-dessus, soit au-dessous de la bande transversale du cartilage de conjugaison. Chez les jeunes sujets, le cartilage épiphysaire interrompt la continuité du lacis artériel entre les canaux aréolaires de l'épiphyse et de la diaphyse, mais à mesure que le cartilage est envahi par l'ossification, il se crible de trous dont le nombre augmente avec l'âge et qui établissent la communication entre les canaux adjacents.

Parmi les branches verticales qui descendent du cercle artériel, on voit deux ou trois artères assez volumineuses qui s'enfoncent perpendiculairement à la surface antérieure des condyles. Ces artères condy-

liennes perforantes assez longues — dont l'externe, qui fournit au condyle de même nom, est la plus développée — pénètrent dans le tissu spongieux de l'épiphyse, au-dessus du cartilage de conjugaison et s'élèvent verticalement jusqu'aux limites inférieures de la cavité diaphysaire. Dans tout leur trajet, les condyliennes abandonnent au tissu spongieux épiphysaire des rameaux assez nombreux, orientés dans plusieurs sens ; leurs branches terminales, au niveau de la moelle, sont en continuité avec les rameaux extrêmes de la nourricière diaphysaire.

En bas, c'est-à-dire au niveau du cartilage de conjugaison et des surfaces articulaires, on trouve une véritable pluie d'artérioles descendues du cercle et qui abordent le périchondre (1), le cartilage de conjugaison, l'os et même le cartilage articulaire ; chez les jeunes sujets, ces artérioles nombreuses, très nettes sur des coupes parallèles aux surfaces articulaires, s'irradient vers le noyau d'ossification central de l'extrémité inférieure, qu'elles abordent sur tous ses points. Des branches fournies par l'articulaire moyenne dans l'échancrure intercondylienne marchent d'arrière en avant vers le noyau d'ossification.

Chez l'adulte, ces mêmes artères, sus-articulaires, rampent dans le tissu spongieux voisin de l'articulation : elles communiquent alors avec quelques rameaux des condyliennes perforantes, le cartilage disparu ayant été troué depuis longtemps par les artérioles. Alors il

(1) Voir la description des houppes péri et intrachondrales dans l'étude de la circulation superficielle.

y a continuité directe entre tous les réseaux vasculaires intra-osseux du fémur.

Ainsi, toute l'extrémité inférieure du fémur est abondamment vascularisée tant à sa superficie que dans son épaisseur.

§ IV. — CIRCULATION ARTÉRIELLE DES DEUX OS DE LA JAMBE

Le tibia et le péroné, qui constituent le squelette du segment moyen du membre inférieur, reçoivent leurs vaisseaux des trois artères principales de la jambe : la *tibiale antérieure* née de la poplitée, la *tibiale postérieure* et la *péronière*, toutes deux formées par la bifurcation du tronc tibio-péronier, qui lui-même continue directement la poplitée.

La circulation des deux os de la jambe est donc sous la dépendance d'une source commune : la *poplitée*; aussi, chaque os n'a-t-il pas de vascularisation indépendante : c'est ainsi que la *tibiale antérieure*, dans son trajet vertical, envoie communément des artères périostiques au tibia et au péroné. A la face postérieure de la jambe, les deux branches de bifurcation du tronc tibio-péronier, la *tibiale postérieure* et la *péronière*, ne commandent pas exclusivement l'une le territoire vasculaire du tibia, l'autre celui du péroné : chaque tronc fournit aux deux os.

Enfin, aux extrémités supérieures et inférieures

des deux os de la jambe, nous retrouvons un cercle artériel unique disposé autour des épiphyses du tibia et du péroné réunies ainsi, non seulement par leurs articulations et leurs ligaments, mais encore par un circuit artériel périépiphysaire.

Au lieu de décrire séparément la circulation du tibia, puis celle du péroné, nous étudierons dans leur ensemble les vaisseaux du squelette de la jambe, tout en conservant la division adoptée.

a). *Circulation superficielle.*

1° **Extrémités supérieures.** — Le cercle artériel périépiphysaire est formé par trois branches artérielles : une antérieure, la *récurrente tibiale*, qui se sépare de la tibiale antérieure immédiatement après le passage de cette dernière artère à travers le ligament interosseux, — deux postérieures : les *ostéo-articulaires inférieures*, l'une interne, l'autre externe, qui se portent chacune sur les tubérosités respectives du tibia. Ces trois branches s'anastomosent largement entre elles sur la face antérieure du tibia et la tête du péroné, de manière à constituer autour des épiphyses des deux os un lacis artériel circulaire extrêmement développé. Nous savons que le circuit est d'autre part anastomosé en haut avec les branches des ostéo-articulaires supérieures et la grande anastomotique, et dans le tissu spongieux des épiphyses tibiale et péronière avec l'artère médullaire par l'intermédiaire de quelques perforantes nées du cercle.

1° La *récurrente tibiale antérieure* dès son origine se porte obliquement en haut et en dedans et chemine profondément entre le tibia et le jambier antérieur. Dégagée du muscle, la récurrente devient une véritable artère ostéo-articulaire antérieure appliquée contre le périoste. Elle donne divers rameaux périostiques et osseux : deux ou trois à la tête du péroné (un inférieur va au cartilage de conjugaison chez les jeunes, à l'os chez les adultes, un supérieur se rend à l'articulation péronéo-tibiale supérieure ; ils s'unissent sur le bord externe à des rameaux postérieurs venus de la poplitée, de manière à former un véritable petit cercle autour de la tête péronière) ; deux ou trois branches transversales sur la tubérosité antérieure du tibia ; ces dernières s'anastomosent : en bas, avec le réseau périostal de la diaphyse, en dedans, avec les rameaux de l'ostéo-articulaire interne. La branche terminale de la récurrente, après avoir fourni à la tubérosité externe où elle communique avec l'articulaire externe, s'élève jusqu'au plateau tibial, s'épuise en rameaux chondraux sur le pourtour de l'articulation, et s'anastomose avec le réseau des articulaires supérieures sur la face antérieure de la rotule.

2° L'*ostéo-articulaire interne* née comme l'externe de la partie antérieure de la poplitée, au niveau de l'interligne articulaire, se porte en bas et en dedans, et, parvenue au niveau de la tubérosité interne du tibia, se contourne horizontalement d'arrière en avant, passe sous la patte d'oie, sous le ligament latéral interne de l'articulation du genou, se réfléchit de bas en haut sur les côtés de la tubérosité antérieure du tibia et du liga-

ment rotulien, en décrivant une courbe à concavité supérieure, et s'anastomose, soit avec les articulaires supérieures, soit avec la récurrente tibiale antérieure.

Dans son trajet, elle fournit : des *rameaux ascendants*, périostiques, osseux et cartilagineux, à la tubérosité interne du tibia, au périchondre des surfaces articulaires du genou, au bord externe du fibro-cartilage interne, à la rotule ; — des *rameaux descendants*, dont un très long côtoie verticalement le bord interne du tibia et s'abouche dans le réseau des périostales diaphysaires, — les autres s'éparpillent sur le périoste de la tubérosité antérieure.

L'ostéo-articulaire interne est reliée par ses diverses branches à la récurrente tibiale, au niveau de la tubérosité antérieure du tibia, en haut, à ce réseau articulaire et rotulien formé par les ostéo-articulaires supérieures et la grande anastomotique, en dehors à l'ostéo-articulaire externe, en bas aux périostiques diaphysaires.

L'*ostéo-articulaire inférieure externe* naît au niveau de la précédente, se contourne horizontalement d'arrière en avant, non sur la tubérosité externe du tibia (l'articulation péronéo-tibiale l'en empêche), mais sur le bord convexe du cartilage semi-lunaire, passe sous le tendon du biceps et sous le ligament latéral externe de l'articulation du genou, et se termine en se divisant en branche ascendante, qui monte le long du bord externe de la rotule, en branche descendante, qui s'anastomose avec la récurrente tibiale antérieure, et en branche transverse qui passe derrière le ligament rotulien, au-dessous de la rotule, et s'anastomose en

arcade avec un rameau semblable du côté opposé. Les articulaires inférieures complètent en bas le cercle artériel rotulien dont nous avons déjà vu le mode de formation, et duquel partent de nombreux rameaux : les uns couvrent la rotule de leurs anastomoses, tandis que les autres pénètrent directement dans le tissu de l'os par les trous nombreux qui existent à la surface.

On voit quelle est l'excessive abondance des réseaux artériels de l'extrémité supérieure du tibia qui est richement vascularisée, superficiellement et profondément, par l'arcade artérielle périépiphysaire, aussi développée que celle de l'extrémité inférieure du fémur.

Toute la nutrition du genou est due à deux cercles artériels très développés, l'un sus-articulaire, fémoral, l'autre articulaire, tibial. Ces deux cercles sont reliés l'un à l'autre par une multitude d'anastomoses qui permettent, en cas d'oblitération d'un tronc principal (ex. : la poplitée), le rétablissement de la circulation, non seulement dans les régions épiphysaires et articulaires, mais encore dans la jambe. Nous avons déjà insisté sur ces détails et fait remarquer l'étroite solidarité entre la nutrition artérielle du bulbe fémoral et du bulbe tibial, et leurs réactions pathologiques.

2° Diaphyses. — Les corps des deux os de la jambe reçoivent leurs artères presque exclusivement de la *tibiale antérieure*, qui envoie aux faces antérieures et postérieures du squelette, une série de rameaux périostiques transversaux, dont les uns croisent la face antérieure de la membrane interosseuse, dont les

autres, postérieurs, perforent cette membrane pour se distribuer aux faces postérieures du tibia et du péroné.

La *tibiale postérieure* et la *péronière* envoient aussi quelques branches à la face postérieure des deux os.

Indépendamment des branches issues directement de troncs artériels principaux, les deux os reçoivent encore des *groupes de muscles* qui les entourent, quelques rameaux artériels; enfin la *peau* qui recouvre immédiatement la face antéro-interne du tibia, participe à sa vascularisation.

Nous décrirons successivement ces branches vasculaires d'origines diverses :

On voit, chez l'embryon et le fœtus, naître de la tibiale antérieure quatre à cinq branches, remarquables par leur volume, transversalement dirigées de dehors en dedans sur la face externe et la crête du tibia. Deux ou trois plus grêles se dirigent d'autre part de dedans en dehors sur la face antérieure du péroné. Très développées sur le tibia, ces artères, qui sont les *périostiques principales*, sont toujours visibles chez l'adulte et le vieillard, bien que leur calibre et leur direction, typiques chez le fœtus, se soient atténués relativement et modifiés avec l'âge.

Les trois ou quatre périostiques principales du tibia, échelonnées à des hauteurs diverses sur la diaphyse, forment sur toute l'étendue du manchon périostique un lacis vasculaire extrêmement abondant et très net chez le jeune (1).

(1) J'ai remarqué que ce réseau périostal était énormément développé sur les os des rachitiques, de telle façon que leur périoste peut être comparé à une véritable membrane vasculaire sanguine.

En effet, ces artères, arrivées sur la crête du tibia, se partagent en une série de branches, les unes verticales, les autres transversales, obliques, etc., de telle sorte que l'aire vasculaire périostale atteint son maximum de développement sur les faces antéro-interne et postérieure du tibia.

L'aire vasculaire est d'ailleurs complétée en arrière par : 1° des rameaux émanés de la tibiale antérieure, qui perforent la membrane interosseuse d'avant en arrière, puis se portent transversalement de dedans en dehors sur la face postérieure du tibia; 2° par une longue branche périostique verticale descendue de l'ostéo-articulaire interne, parallèlement au bord interne du tibia, et qui s'inoscule à plein canal avec une autre issue transversalement d'un tronc commun avec la nourricière diaphysaire (ce dernier tronc est fourni par la tibio-péronière généralement); 3° enfin le tronc tibio-péronier, avec ses deux branches de bifurcation la tibiale postérieure et la péronière, donne de haut en bas : le tronc même, une ou deux périostiques poplitées transversales (1) constantes, sur la face postérieure du tibia, près de l'épiphyse. Il envoie aussi au niveau de l'extrémité supérieure du péroné une artère assez volumineuse qui contourne le col de l'os (2), et s'y divise en un rameau ascendant, destiné à la face postérieure de la tête péronière et de l'articulation péronéo-tibiale, et en un rameau transverse

(1) Les périostiques poplitées, ainsi que les rameaux péroniers du tronc, peuvent être considérées comme de véritables récurrentes interne et externe : elles s'anastomosent d'ailleurs avec la récurrente tibiale et l'ostéo-articulaire interne.

(2) C'est l'artère articulaire de la tête du péroné décrite par Weber.

qui s'épuise en branches périostiques et musculaires ; — de la tibiale postérieure, naissent à la face postérieure du tibia deux ou trois périostiques principales, dont l'une, déjà citée, est issue du même tronc qui fournit la médullaire tibiale. Par leurs anastomoses, les branches complètent le réseau périostal formé par les branches de la tibiale antérieure, qui ont perforé la membrane interosseuse.

La péronière, dans son trajet vertical, envoie à la face postérieure de l'os homonyme trois ou quatre branches collatérales considérables, surtout destinées aux muscles et d'où l'on voit naître de grêles rameaux pour le périoste ; — quelques autres périostiques se voient à l'extrémité inférieure de l'os près de l'épiphyse. Comparativement à ceux du tibia, les vaisseaux superficiels du péroné sont bien moins développés.

Enfin des muscles enveloppant les deux os de la jambe on voit naître pour le périoste de la diaphyse et des épiphyses, quelques artères qui, après avoir irrigué le tissu musculaire viennent finir sur l'os.

La peau (1) qui recouvre la face antéro-interne du tibia, depuis son extrémité supérieure jusqu'à la

(1) J'ai remarqué, sur une série de pièces, l'inégale vascularisation de la peau superposée à la face antéro-interne du tibia : les vaisseaux artériels abondent à l'extrémité supérieure de la jambe ; à la partie médiane et au-dessus de la malléole interne, il existe une sorte de zone neutre peu vasculaire. Doit-on voir dans cette disposition des vaisseaux de nutrition une raison anatomique des altérations trophiques si fréquemment localisées à cette partie de la jambe (ulcères.....) et de la prédisposition à la gangrène des téguments amputés à tel point « qu'il n'est pas permis de faire des lambeaux cutanés un peu longs, encore moins de les comprimer, si peu que ce soit, sur les os sous-jacents. » (FARABEUF, *Précis de Manuel opératoire*, p. 554.)

malléole interne, est vascularisée par les tibiales, elle donne par sa face profonde au périoste de la région des artérioles qui complètent le réseau.

Ainsi constituée, l'aire vasculaire du périoste tibial forme sur toute la continuité de la membrane des mailles polygonales extrêmement développées dans son épaisseur. Par sa face profonde, la membrane périostique envoie au tissu compact et spongieux de l'os de fines artérioles qui s'engagent dans les canalicules de Havers et arrivent jusqu'au contact du réseau médullaire. Ce lacis du périoste ainsi en communication avec les réseaux profonds de l'os, offre des développements inégaux, suivant les âges : considérables, très serrées, chez le fœtus et l'enfant, les mailles vasculaires deviennent plus espacées, plus rares chez l'adulte ; elles sont extrêmement réduites chez le vieillard. Il semble qu'à mesure que l'os se développe, les vaisseaux ne suivant pas un développement parallèle, arrivent à s'effacer de plus en plus, en même temps que leurs parois subissent les altérations séniles bien connues.

3° Extrémités inférieures. — Nous retrouvons ici la disposition caractéristique des artères en cercle autour des épiphyses.

Les extrémités inférieures des deux os et de la jambe sont embrassées dans un lacis artériel circulaire commun, formé par des branches transversales, qui, nées des tibiales antérieure, postérieure et de la péronière, s'inosculent les unes avec les autres. Du cercle artériel partent sur tout le pourtour des épiphyses des branches périostiques, osseuses et chondrales.

La tibiale antérieure envoie au-dessus du cartilage de conjugaison deux branches collatérales principales : l'une en dedans, c'est la *malléolaire interne*, l'autre en dehors, la *malléolaire externe*. Ces deux artères sont de véritables ostéo-articulaires ; elles forment le cercle artériel en avant, renforcé d'ailleurs par une anastomose verticale formée par la branche terminale antérieure de la péronière, ou *perforante péronière*.

La *malléolaire interne* naît au niveau du ligament dorsal du tarse, se porte transversalement en dedans, au-dessous du tendon du jambier antérieur, et se divise en branches articulaires qui s'enfoncent dans les ligaments tibio-tarsiens, et en superficielles ou malléolaires proprement dites, qui se distribuent sur tout le périoste de la malléole interne et les téguments qui la recouvrent ; ces dernières branches descendent sur le côté interne du tarse jusqu'à la région plantaire où elles s'anastomosent avec des rameaux de la plantaire interne. Les rameaux nombreux fournis au périoste de la malléole sont ascendants, transverses ou descendants, anastomosés en haut avec les périostiques principales de la diaphyse, et, en dedans, avec la malléolaire externe par une ou deux branches transversales.

La *malléolaire externe*, quelquefois plus développée que la précédente, quelquefois moins, a des origines très variées ; elle naît habituellement de la tibiale antérieure au même niveau que l'interne, sous le ligament dorsal du cou-de-pied ou bien au-dessus ou au-dessous du cartilage conjugal chez les jeunes. Elle peut naître enfin d'un tronc commun avec la malléolaire interne ou être fournie par l'artère

péronière postérieure (elle traverse dans ce dernier cas la partie inférieure du ligament interosseux), et souvent elle vient par deux racines dont l'une est fournie par la péronière, l'autre par la tibiale. Ces différences d'origine influent sur le trajet de cette artère qui, dans le cas où elle naît sous le ligament dorsal du cou-de-pied, se dirige transversalement en dehors pour s'infléchir au-devant de la malléole externe et se porter d'arrière en avant sur le tarse. C'est au moment où l'artère change de direction qu'elle reçoit la branche émanée de la péronière postérieure. Dans le cas où la malléolaire externe naît plus haut, elle se porte obliquement en bas, au-devant de la malléole externe, puis sur le côté externe de l'astragale.

Dans tous les cas, la malléolaire externe se porte d'arrière en avant sur le côté externe du cuboïde et vient s'anastomoser en arcade avec l'artère dorsale du tarse. Accolée aux surfaces osseuses pendant son trajet, croisée par le tendon de l'extenseur commun, elle donne : 1° des rameaux malléolaires; 2° des rameaux articulaires, et 3° des rameaux calcanéens externes. Les premiers seuls nous intéressent : au nombre de deux ou trois principaux, ils se dirigent transversalement sur la malléole externe dans le périoste de laquelle ils se divisent, ou bien s'enfoncent directement dans l'os; réunis directement en dedans avec la malléolaire interne par des branches émanées de cette dernière, ils s'unissent en arrière avec la terminaison de la péronière postérieure.

La *perforante péronière* ou péronière antérieure est jetée dans les deux malléolaires comme une anastomose

verticale qui les unit à la circulation de la face postérieure de la jambe. C'est la même disposition qui existe au niveau de l'extrémité inférieure du fémur pour les articulaires et la grande anastomotique. La perforante traverse la partie inférieure du ligament interosseux d'arrière en avant, à des niveaux variables, soit directement au-dessus de l'articulation péronéo-tibiale inférieure, soit à quelques centimètres plus haut. Elle peut manquer, et être alors remplacée par une branche semblable, émanée de la tibiale antérieure, ou ne pas être perforante : elle suit alors à la face postérieure de la jambe l'espace intertibio-péronier, pour s'aboucher dans le réseau artériel calcanéen.

A partir du point où elle a perforé la membrane interosseuse, cette artère péronière antérieure descend verticalement entre le tibia et le péroné et s'anastomose en bas avec la malléolaire externe, dont elle renforce ainsi le réseau développé sur le périoste de la malléole correspondante. Elle fournit en outre, au-dessus de sa terminaison des branches transversales plus ou moins grêles, qui en dedans communiquent avec la malléolaire interne, et en dehors couvrent de leurs divisions l'extrémité inférieure du péroné ; aussi le tronc terminal de la péronière perforante est-il généralement réduit de volume quand il s'abouche dans la malléole externe.

Le cercle artériel est complété en arrière par une branche importante qui se dégage de la tibiale postérieure un peu au-dessus de la malléole interne. Généralement cette branche est reliée à la péronière par une anastomose transversale étendue en arcade entre

les deux troncs. Cette branche, véritable ostéo-articulaire postérieure interne, contourne la malléole interne, envoie au réseau périostique de la diaphyse des rameaux verticaux, puis descend sur la malléole interne, à la surface de laquelle elle se divise en une multitude de rameaux périostiques communiquant en dedans avec la malléolaire interne et, en dehors, avec la terminaison de la péronière. Cette dernière, enclavée dans la rainure intertibio-péronière, fournit à la face postéro-interne de la malléole externe des rameaux périostiques et articulaires assez développés qui s'insculent en dedans avec les artérioles précitées, en dehors avec la malléolaire externe.

Tel est le mode de formation du cercle artériel périépiphysaire inférieur tibial et péronier. Bien développé chez les jeunes, dont le périoste malléolaire est couvert de mailles artérielles, le cercle envoie des branches descendantes au périchondre articulaire, au cartilage de conjugaison et à l'os. Nous retrouverons ces dernières à propos de la description du réseau intra-osseux.

b). *Circulation intra-osseuse et médullaire.*

La circulation des épiphyses est sous la dépendance des cercles artériels, celle de la diaphyse est commandée par la nourricière médullaire et les fines artérioles qui, provenues du périoste, s'engagent dans les canalicules de Havers et fournissent aux aréoles du tissu spongieux jusqu'aux limites mêmes du réseau médul-

laire. Nous étudierons séparément chacun des territoires vasculaires correspondant aux trois grandes divisions des os longs.

1° Extrémités supérieures. — Du cercle artériel périépiphysaire partent chez l'embryon, le fœtus et le jeune enfant, au-dessus du cartilage de conjugaison, une série de rameaux artériels qui forment sur le périchondre de petits lacis, circulairement disposés, et d'où s'éloignent, comme autant de rayons, de nombreuses artérioles, cheminant en plein cartilage. Elles convergent vers le noyau d'ossification de l'épiphyse ou la bande du cartilage conjugal et s'arrêtent sur son pourtour. A mesure que le noyau se développe, s'étend dans tous les sens, les artérioles intra-épiphysaires sont en quelque sorte refoulées et disparaissent pour la plupart, si bien que chez l'adulte, on ne trouve dans l'épiphyse supérieure tibiale, notamment, que de rares branches peu développées au centre de l'os, visibles surtout près de la surface externe ou sur les bords des surfaces articulaires.

Primitivement distincte, chez le fœtus, des autres réseaux vasculaires de l'os et dépourvue de communications avec celle de la diaphyse, la circulation intra-épiphysaire se met en continuité directe chez l'adulte avec les vaisseaux médullaires; et l'on trouve sur les limites de la diaphyse et de l'épiphyse des vaisseaux mixtes, c'est-à-dire fournis à la fois par l'artère médullaire ascendante et le cercle artériel périépiphysaire.

Dans la tête du péroné, chez les jeunes, les vaisseaux, nés des artères spéciales étudiées plus haut, ne rayon-

ne pas, mais sont verticalement dirigés, de telle sorte qu'ils apparaissent sur les coupes transversales, non comme des stries, mais comme des points. Ils y sont d'ailleurs assez rares, peu visibles macroscopiquement chez l'adulte, de telle sorte que la nutrition de la tête péronière paraît se faire exclusivement par les artérioles d'origine périostique, qui passent dans les canalicules de Havers et assurent la vitalité du tissu spongieux de l'extrémité supérieure péronière.

2° Diaphyses. — Sur la face postérieure du tibia, un peu au-dessous de la ligne oblique et à la réunion du tiers supérieur de l'os avec les deux tiers inférieurs, se trouve le trou nourricier de l'os remarquable par ses dimensions et sa direction oblique en bas et en avant. C'est un véritable canal à orifice externe elliptique ou fortement taillé en bec de flûte et qui atteint habituellement une longueur de 3 à 4 centimètres chez l'adulte (il peut être encore plus long). C'est par ce canal que s'engage l'artère nourricière de la diaphyse ou mieux la *médullaire intradiaphysaire*.

Habituellement issue du tronc tibio-péronier (généralement au point de sa bifurcation), assez souvent de la tibiale postérieure, l'artère médullaire volumineuse, se dirige de haut en bas et un peu obliquement de dedans en dehors, c'est-à-dire suivant la direction même du canal nourricier. Elle émet toujours avant de s'engager dans l'os une périostique principale à la face postérieure du tibia. Escortée de deux veines satellites dans la plus grande partie de son trajet intra-osseux, elle se dirige, à la sortie de l'orifice interne du

trou nourricier, verticalement en bas, jusqu'à l'épiphyse inférieure, c'est-à-dire un peu au-dessus des malléoles; parallèle au bord interne de l'os, la médullaire est plutôt rapprochée de la paroi osseuse que directement plongée dans l'intérieur de la moelle. Dans ce trajet, le tronc de l'artère n'est pas rectiligne mais sinueux; elle émet une série de branches transversales, obliques ou verticales: la première et la plus importante naît immédiatement au voisinage du trou nourricier et s'élève verticalement, tout en décrivant des sinuosités, jusqu'au tissu spongieux de l'épiphyse supérieure; cette branche, généralement considérée comme la branche supérieure de bifurcation de la médullaire, n'est qu'un rameau réduit, de calibre très inférieur à celui du gros tronc vertical qui prolonge directement le canal nourricier. Ce rameau supérieur s'épuise dans la moelle et l'extrémité supérieure de la diaphyse en une série d'artérioles plus ou moins contournées, et qui transforment le tissu médullaire presque en un véritable tissu érectile. Les extrémités terminales de ces branches sont en continuité en haut avec les artérioles du tissu spongieux du bulbe, sur les côtés avec les artérioles des canalicules de Havers.

Les autres branches du tronc médullaire sont éparpillées dans l'épaisseur de la substance médullaire, avec laquelle elles se trouvent en contact direct et dont elles sont difficilement séparables par la dissection. Assez souvent on peut voir dans le canal de la diaphyse deux ou trois grosses branches de bifurcation, verticalement descendantes, qui terminent ainsi la médullaire au lieu des multiples branches collatérales. Quoi qu'il

en soit, elles viennent toutes s'épuiser au-dessus du tissu spongieux de la malléole interne, tout en communiquant plus ou moins nettement avec le réseau du bulbe inférieur.

En résumé, la moelle tibiale est richement vascularisée par la médullaire diaphysaire ; le lacis extrêmement délicat des artérioles est supporté par les trabécules du tissu spongieux et compact.

Quant au canal diaphysaire du péroné, il est fort peu développé et la moelle ne s'y trouve accumulée en assez grande quantité que dans la moitié inférieure, au-dessus de la malléole externe.

C'est à la face postérieure du péroné également à la réunion du 1/3 supérieur avec les 2/3 inférieurs de l'os que se trouve le trou nourricier, un peu plus bas situé que celui du tibia. Assez petit, le trou nourricier, oblique en bas et en avant, aboutit à un canal court par lequel s'engage une artère née directement de la péronière.

Cette artère très grêle se dirige verticalement en bas et s'épuise rapidement en artérioles médullaires, dont les ascendantes ne peuvent être que difficilement suivies ; en bas, on peut les voir (au moins sur des os jeunes) jusqu'au-dessus de la malléole.

3° Extrémités inférieures. — Les arcades artérielles émanées du cercle forment chez le fœtus, dans le périchondre des extrémités inférieures cartilagineuses des deux os, un lacis très développé, visible par transparence et d'où partent en rayonnant vers les noyaux d'ossification ou les bandes cartilagineuses des

artérioles qui courent dans l'épaisseur du cartilage. Elles affectent d'ailleurs des dispositions identiques à celles que nous avons déjà décrites à propos des extrémités des os longs, aussi n'insisterons-nous pas sur ces détails.

Chez l'adulte, on ne voit presque plus d'artères intramalléolaires perforantes, et ces éminences osseuses ne paraissent s'alimenter que par le réseau superficiel du périoste, c'est-à-dire par l'intermédiaire des artérioles des canalicules de Havers. On voit néanmoins au pourtour des surfaces articulaires et dans leur profondeur, quelques rameaux grêles. Enfin, entre les deux os, c'est-à-dire dans l'interligne péronéo-tibiale inférieure, se trouvent généralement des branches assez développées, nées de la perforante péronière ou de la péronière postérieure et qui fournissent aux ligaments, au périoste et au tissu spongieux des deux malléoles accolées.

En somme, il est à remarquer que chez l'adulte les extrémités inférieures du tibia et presque la totalité du péroné sont insuffisamment vascularisées : nous avons signalé la pauvreté du réseau superficiel sur la partie moyenne et l'épiphyse inférieure du tibia, encore que le réseau médullaire à l'intérieur y soit assez développé; mais le péroné peu vascularisé sur toute ses faces, présente une vitalité médullaire peu intense due à l'insuffisance de ses artères intradiaphysaires. On sait d'ailleurs pratiquement que l'amputation des malléoles sur le vivant donne peu de sang, tandis qu'une véritable inondation artérielle se produit, lors de l'amputation de la diaphyse ou de l'épiphyse supérieure tibiale.

De même que l'effort de la nutrition se porte sur l'extrémité inférieure du fémur, nous voyons qu'il s'est accumulé sur les extrémités supérieures des deux os de la jambe. En résumé dans le membre inférieur, les vaisseaux artériels ostéo-articulaires atteignent leur maximum de développement au niveau du genou, tant du côté des os que des surfaces articulaires proprement dites.

CHAPITRE IV

ETUDE SYNTHÉTIQUE ET COMPARATIVE DE LA CIRCULATION ARTÉRIELLE DES OS LONGS

De l'analyse des faits anatomiques qui précèdent, nous pouvons arriver à une description schématique de la disposition des artères dans les os longs.

Chaque os long d'un membre déterminé reçoit ses artères du vaisseau principal qui assure la nutrition des divers segments du membre. Ces artères sont destinées au périoste, à l'os même (tissu compact et spongieux de la diaphyse et des épiphyses) et à la moelle. A chacune de ces parties constitutives de l'os correspond un dispositif vasculaire, caractéristique, dont le type étudié en détail pour chaque os long peut être généralisé. La circulation artérielle des os longs d'un membre se résume dans la description schématique suivante : *autour de chaque épiphyse* se trouve un *cercle artériel* embrassant complètement l'extrémité de l'os dans ses mailles. Ce cercle artériel, toujours voisin du cartilage de conjugaison fournit à l'épiphyse quel-

ques rameaux périostiques et surtout des *branches perforantes* qui se rendent au tissu osseux lui-même par les trous (de deuxième ordre) de l'épiphyse chez l'adulte. Ils vont au cartilage conjugal ou au noyau d'ossification épiphysaire chez le fœtus et l'enfant. Ce réseau de l'épiphyse est relié profondément à celui de la diaphyse, chez l'adulte, par les canalicules de Havers ; chez les jeunes sujets, le cartilage épiphysaire interrompt la continuité entre les canaux aréolaires de l'épiphyse et de la diaphyse, mais à mesure que ce cartilage est envahi par l'ossification, il se crible de trous dont le nombre augmente avec l'âge et qui établissent la communication entre les canaux adjacents.

La *diaphyse* est elle-même vascularisée *superficiellement* par le réseau du périoste ; de la face profonde de cette membrane partent d'innombrables artérioles qui pénètrent dans le tissu osseux par les orifices des canaux de Havers et par quelques orifices plus volumineux (trous de 3^e ordre). La diaphyse loge dans son canal la moelle : la substance médullaire est vascularisée par l'artère médullaire qui s'engage dans le tissu osseux de la diaphyse par un orifice volumineux : le trou ou canal nourricier des os longs (trou de 1^{er} ordre). L'artère médullaire se divise toujours en deux branches : l'une ascendante, l'autre descendante. *L'une des branches de division est toujours plus développée en calibre et en longueur* : au membre supérieur, c'est la descendante pour l'humérus, les ascendantes pour le radius et le cubitus ; au membre inférieur, c'est l'ascendante pour le fémur, les descendantes pour le tibia et le péroné. Cette disposition peut ainsi se résumer : au

membre supérieur, le tronc principal de bifurcation des artères médullaires se dirige vers le coude ; au membre inférieur, il fuit le genou.

La cause de cette disposition peut s'expliquer ainsi : quand un cercle artériel périépiphysaire est fortement développé, il assure suffisamment à lui seul la nutrition de l'extrémité de l'os ; aussi la nourricière médullaire réduit-elle son calibre et l'étendue de son aire vasculaire. D'autre part, le développement du cercle périépiphysaire est en relation directe avec l'intensité vitale du cartilage de conjugaison ; partout où ce dernier se trouve plus actif, il s'entoure à la périphérie d'une multitude de vaisseaux artériels extrêmement volumineux. Aussi le type des cercles artériels périépiphysaires se trouve-t-il de préférence chez les jeunes sujets ; le développement, le calibre de ces vaisseaux sont énormes, proportionnellement à ce qu'on peut voir chez l'adulte. Au membre supérieur, le cercle artériel le plus développé est à l'extrémité supérieure de l'humérus ; par une sorte de compensation, l'artère médullaire envoie son tronc principal à l'extrémité inférieure, dont le cercle périépiphysaire est plus restreint. Pour les os de l'avant-bras, le cercle artériel est surtout considérable aux extrémités inférieures : par compensation anatomique, les médullaires des deux os envoient leurs troncs principaux aux extrémités supérieures plus pauvres en vaisseaux à sang rouge. Au membre inférieur, le fémur est vascularisé à son épiphyse inférieure par un cercle artériel extrêmement développé : aussi le tronc médullaire principal va-t-il à l'extrémité supérieure. Pour le tibia et le péroné, on

trouve à leurs extrémités supérieures une vascularisation artérielle abondante ; chaque nourricière envoie, par suite, sa branche de bifurcation principale à l'extrémité inférieure de chaque os.

En résumé, pour chaque os long, il y a trois groupes vasculaires artériels : 1° le *réseau artériel des épiphyses*, commandé par deux ou trois troncs disposés en cercle ; les branches issues du cercle aboutissent au tissu spongieux ; — 2° le *réseau du périoste*, dont les artères pénètrent dans la coque diaphysaire sous-jacente après avoir fourni à la membrane périostique ; — 3° le *réseau de la moelle*, commandé par un tronc habituellement unique, l'artère médullaire, qui se bifurque secondairement en deux branches d'inégale importance.

Les ramifications de ces divers groupes s'anastomosent largement chez l'adulte, les unes avec les autres ; elles sont en outre reliées à la circulation des autres tissus (muscles, peau...) par de multiples anastomoses. Cette disposition assure la nutrition de l'os dans le cas où une branche serait obstruée.

Si l'on compare la disposition des principales artères des os du membre supérieur à celle des os du membre inférieur, on est frappé de l'homologie qui existe à ce point de vue spécial entre les membres thoraciques et pelviens. Nous faisons abstraction évidemment de la disposition générale des artères en cercle, etc..., que nous avons énoncée plus haut ; nous voulons montrer qu'à des branches artérielles osseuses considérées en particulier sur le membre supérieur correspondent homologiquement des branches sur le membre inférieur. Nous avons dressé le tableau comparatif suivant :

I

Fémur.

Humérus.

<i>Cercles épiphysaires supérieurs.</i>	{	Circonflexe antérieure. — postérieure.	Circonflexe antérieure. — postérieure.
		Chaque cercle périphysaire envoie des perforantes aux :	
	{	Grand trochanter. Petit — Tête fémorale.	{ Trochiter. Trochin. Tête humérale.
	{	Périostiques descendues du cer- cle artériel.	Même disposition.
	{	1 ou 2 périostiques principales nées de la fémorale.	1 ou 2 issues de l'humérale.
	{	1 ou 2 périostiques principales nées de branches musculaires.	Même disposition.
	{	1 médullaire née de la deuxième perforante, quelquefois de la fémorale directement.	1 médullaire née de l'humérale.
	{	Grande anastomotique. Ostéo-articulaire interne. — externe.	Collatérale interne supérieure. — — inférieure. Rameau de l'humérale profonde ou collatérale externe.
<i>Cercles épiphysaires inférieurs.</i>	{	Anastomoses multiples avec le tibia et le péroné (réseau du genou).	Anastomoses multiples avec le radius et le cubitus (réseau du coude).

II

Tibia et Péroné.

Radius et Cubitus.

Une artère principale: la tibiale antérieure. Une artère principale: l'interosseuse

<i>Cercles épiphysaires supérieurs.</i>	{ Ostéo-articulaire interne inf^{re}. — externe — Recurrente tibiale.	{ Récurrente cubitale. — radiale. Arthro-périostique.
<i>Circulation diaphysaire.</i>	{ Médullaire tibiale (vient de la tibiale postérieure). Médullaire péronière (vient de la péronière).	{ Médullaire cubitale (vient de la cubitale). Médullaire radiale (vient de l'interosseuse à son émergence de la cubitale).
<i>Cercles épiphysaires inférieurs.</i>	{ Malléolaire externe. Malléolaire interne. Péronière antérieure.	{ Branche de bifurc. externe de l'interosseuse. Branche de bifurc. interne de l'interosseuse. Branche de bifurc. médiane de l'interosseuse.
	Branches transv ^{les} des { tibiale post^{re}. péronière	Branches transversales des { cubitale. radiale.

CHAPITRE V

DÉDUCTIONS PHYSIOLOGIQUES, EXPÉRIMENTALES ET PATHOLOGIQUES

1^o Physiologie. — A l'histoire de la circulation artérielle des os se rattachent certains faits physiologiques, dont la plupart bien connus seront sommairement indiqués dans ce chapitre.

Le rôle des vaisseaux dans l'*ossification* a été mis depuis longtemps en lumière ; aussi, rappellerons-nous seulement que les os longs ne sont primitivement que des cylindres de cartilage peu ou pas vasculaires, entourés du périchondre, au sein duquel circulent de nombreux vaisseaux. Au moment où l'ossification commence, on voit se détacher du périchondre et s'avancer dans l'épaisseur de la substance cartilagineuse des anses vasculaires que l'on peut ranger en trois groupes :

deux pour les épiphyses (ossification des épiphyses), un pour la partie moyenne (ossification de la diaphyse). Ces vaisseaux deviennent de plus en plus nombreux, mais présentent une direction commune : soit parallèle au grand axe de l'os, soit convergente vers un centre d'ossification. Nous avons insisté sur la disposition des houppes chondrales et la direction des artérioles intra-cartilagineuses, et conformément au plan que nous nous sommes tracé, nous n'entrerons pas dans les détails histologiques, d'ailleurs connus. Le rôle important des vaisseaux est dans les faits suivants : le cartilage disparaît en quelque sorte devant les vaisseaux, autour desquels s'organise l'os. Les artérioles cheminent dans des cavités creusées dans le cartilage et revêtues sur leur surface par une couche d'ostéoblastes ; la substance calcaire se dépose entre les ostéoblastes et ainsi se trouve constituée la première lamelle de substance osseuse, la lamelle la plus externe d'un système de Havers. Dans l'ossification, les capillaires deviennent donc le centre de génération des lamelles qui constituent les systèmes de Havers.

Autour des épiphyses, les vaisseaux manifestent leur activité parallèlement à celle du cartilage de conjugaison et nous avons cité à propos de chaque os long, le développement énorme des cercles artériels juxta-épiphysaires chez les jeunes sujets. Dans la formation du canal médullaire, les artères ont aussi un rôle admis généralement : le canal central de la moelle provient d'une érosion des portions osseuses, anciennement formées, par l'action des myélopaxes (Robin) ou des ostéoclastes (Kolliker) ; en outre les vaisseaux résorbent.

les éléments anatomiques de l'os et fournissent les matériaux de formation et de nutrition à la substance médullaire. On sait que la résorption osseuse s'exerce durant toute la vie : tant que l'os en se développant peut compenser les pertes dues à sa résorption, il ne perdra pas de son poids, mais plus tard, quand les aires vasculaires nutritives des os auront diminué tant du côté du périoste que des épiphyses et de la moelle, il se produira la raréfaction du tissu osseux, la transformation du tissu compact en tissu aréolaire, l'agrandissement des cavités du tissu spongieux, l'allongement du canal médullaire et comme conséquence directe : la fragilité des os et la prédisposition aux fractures. Nous avons vu que chez le vieillard les réseaux artériels de l'os étaient considérablement diminués et nous avons noté, même chez l'adulte, la vascularisation artérielle insuffisante du col fémoral, surtout traversé par des veines.

La moelle osseuse, richement vascularisée, présente des propriétés physiologiques spéciales qu'elle doit à ses vaisseaux de nutrition et que nous signalerons : nous voulons parler de son *pouvoir absorbant* mis en relief par Dubuisson-Christot (1865) et Demarquay (1871). En réalité, les expériences de ces auteurs et celles de Feltz, Grohe, Zenker, Wagner, Bush... ne se rapportent pas à l'absorption telle qu'on la définit en physiologie. Cette prétendue absorption par la moelle des substances injectées *se fait par les vaisseaux*, qu'ouvre le traumatisme ; qu'on trépane des os, qu'on pousse des injections dans les tissus spongieux des épiphyses ou dans le canal médullaire, il y a tou-

jours rupture et transfixion des vaisseaux et pénétration directe d'une substance liquide ou de corpuscules dans un vaisseau ouvert.

A l'histoire de la circulation de la moelle se rattache un fait signalé en premier lieu par Broca, étudié ensuite par Böeckel et Suc : les mouvements rythmés des liquides dans quelques plaies osseuses. Les recherches expérimentales de Böeckel, sur le chien, ont démontré qu'ils étaient dus aux *battements rythmés du tissu médullaire* ; ces oscillations rythmées se rattachent aux pulsations de l'artère médullaire et de ses branches, qui se transmettent au tissu diffus de la moelle.

2° Données expérimentales et pathologiques. — « Si l'on se reporte aux données anatomiques on est frappé de la richesse vasculaire des os en général ; s'agit-il des os longs, une triple source assure l'irrigation sanguine ; à la place de petits vaisseaux qui tombent de la face profonde du périoste pour pénétrer dans les canaux de Havers sur toute la périphérie de l'os, viennent s'ajouter les ramifications centrales si importantes résultant des branches de bifurcation de l'artère nourricière, et les deux couronnes vasculaires, placées à chacun des pôles, dans les zones juxta-épiphysaires. Tous ces vaisseaux communiquent entre eux, en aucun point nous ne trouvons rien qui ressemble à des territoires vasculaires... La présence de territoires vasculaires séparés et sans communication les uns avec les autres explique comment l'oblitération d'un gros tronc artériel peut avoir pour

conséquence la nécrobiose des éléments anatomiques qu'il est seul chargé d'irriguer. L'embolie ou la thrombose donne en pareil cas un infarctus, de forme généralement conique, dont le sommet répond au vaisseau oblitéré et la base à la périphérie du territoire. En est-il de même dans l'os ? c'est ce que M. Humbert Mollière (1), dans une thèse fort intéressante, a soutenu.

Nous croyons que des preuves anatomiques, expérimentales et cliniques s'opposent à ce que l'on admette une telle opinion. Et d'abord un trouble nutritif de quelque importance dépendant d'un arrêt circulatoire est impossible dans l'os ; anatomiquement la circulation est assurée de telle façon que les vaisseaux nourriciers surtout sont cent fois suffisants pour permettre la vie... Supprimez l'artère nourricière par le curage de la moelle, les vaisseaux sous-périostiques par l'ablation du périoste, une couronne épiphysaire par la résection, la diaphyse osseuse ainsi traitée n'en continuera pas moins à vivre... En résumé, nous croyons que l'existence d'infarctus dans les os n'est nullement prouvée et même rendue impossible par la richesse des anastomoses vasculaires de ce tissu (2). »

Nous avons tenu à citer ces lignes où leur auteur démontre à l'évidence l'impossibilité d'oblitérer sur l'os des territoires vasculaires. Nous n'avons pas expérimenté directement sur l'animal vivant, mais les résultats anatomiques fournis simplement par les injections que nous avons pratiquées nous permettent de souscrire entièrement à l'opinion de M. Gangolphe ; dans la des-

(1) *Des Thromboses et des Embolies osseuses*, Montpellier, 1871.

(2) GANGOLPHE, *Maladies infectieuses et parasitaires des os*, Masson, 1894.

cription des vaisseaux de chaque os long, nous avons constamment insisté sur la richesse de leurs anastomoses, aussi ne croyons-nous pas que la pathogénie de la nécrose osseuse puisse se réduire, comme le croyait Jobert (1), à une seule cause : l'arrêt de la circulation ou l'absence du liquide vivifiant et nourricier. A l'encontre de l'opinion énoncée par Gangolphe et à laquelle nous souscrivons — par conviction anatomique — ne vont pas les expériences de Hartmann (2) suspectes au point de vue des chances aseptiques d'opération. Des expériences contradictoires, faites par Billroth, Ollier, Busch et Gangolphe infirment d'ailleurs les résultats obtenus par Hartmann.

Il faut donc chercher ailleurs que dans l'anémie des tissus osseux ou médullaires la pathogénie de la nécrose. Le rôle d'*agents vecteurs* d'éléments parasitaires, infectieux ou néoplasiques dévolu aux vaisseaux artériels des os suffit pour expliquer les lésions dont ils sont le siège, sans que l'on fasse intervenir l'ischémie par thrombose.

Enfin certaines conditions anatomiques locales énumérées au cours de notre étude peuvent permettre d'expliquer la fréquence sur tel ou tel os long ou telle ou telle région de certaines infections (tuberculose, ostéomyélite ; voir la circulation des os du coude, du genou).

(1) *Journ. hebdomad.* 1836, tome III, page 363.

(2) *Nekrose herbeigeführt durch Verstopfung des Foramen nutritium.* *Virchow's. Arch.* Seite 114. Bd VIII, 1855.

CONCLUSIONS

Il existe pour les os longs des membres une disposition particulière des vaisseaux artériels dont la formule schématique peut ainsi être exprimée :

Autour de chaque épiphyse se trouve un cercle artériel embrassant l'os dans son circuit ; formé par des artères importantes, le *cercle artériel périépiphyse* fournit à l'extrémité de l'os long des branches périostiques et surtout intra-osseuses.

La diaphyse est vascularisée : à sa superficie par le réseau artériel périostique, ramifié dans l'épaisseur du périoste. Ce réseau est alimenté par des sources diverses : les troncs artériels principaux, des artères musculaires, cutanées.... De la face profonde du périoste partent de fines artérioles qui se rendent au tissu osseux diaphysaire par les canalicules de Havers.

Le canal diaphysaire et la moelle qu'il renferme sont irrigués par une artère volumineuse : la nourricière diaphysaire ou *artère médullaire*, qui dans le canal se divise en deux branches inégales en calibre et longueur.

Ces divers systèmes de vaisseaux artériels des os longs sont en communication constante les uns avec les autres ; il n'y a pas de territoire vasculaire distinct pour une partie d'un os long.

VU, BON A IMPRIMER :

Le Président de la Thèse,
L. TESTUT.

Le Doyen,
LORTET.

PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur,
EM. CHARLES.

Lyon, le 24 décembre 1894.

BIBLIOGRAPHIE

- BICHAT, Anat. générale et Traité des Membranes.
BÖCKEL, Etude clinique et expérimentale sur les battements du
tissu médullaire des os (Th. Strasbourg, 1872).
BOURGERY, Anat. de l'Homme, T. IV.
CRUVEILHIER, Anatomie descriptive, 1834.
DEMARQUAY, Sur la perméabilité des os (*Bull. Acad. Méd.*, 1871).
DUBUISSON-CHRISTOT, Sur la Moelle des os longs (Th. Paris, 1865).
FARABŒUF, Manuel opératoire.
FELTZ, Etude expérimentale et clinique sur les Embolies capillaires,
1871; De la Puissance d'absorption du tissu médullaire des
os (*J. de l'Anat.*, 1872).
FLOURNŒY (Th. Strasbourg, 1878).
GANGOLPHE, Maladies infectieuses et parasitaires des os (Paris, 1874).
KÖLLIKER, Eléments d'histologie, traduct. de M. Sée.
LANGER, Ueber das Gefässsystem der Rohrenknochen. Denkschrift
der Wiener Akademie, Bd. 36, 1875.
MORAT, Contribution à l'étude de la Moelle des os (Paris, 1873).
OLLIER, Régénération des os (Paris, 1862).
POIRIER, Anatomie humaine.
SAPPEY, Anatomie descriptive, 3^e édition.
SUC, Recherches historiques et critiques sur les changements de
volume des organes périphériques (Th. Paris, 1878).
L. TESTUT, Anatomie humaine, O. Doin (Paris, 1889). — Vaisseaux et
nerfs des tissus conjonctif, fibreux, séreux et osseux (Paris,
1880).
-

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I. — Historique	5
— II. — Technique	11
— III. — Etude analytique de la circulation artérielle dans les os longs des membres	21
§ 1 ^{er} Circulation artérielle de l'humérus	22
§ 2 Circulation artérielle des deux os de l'avant-bras . .	32
§ 3 Circulation artérielle du fémur	43
§ 4 Circulation artérielle des deux os de la jambe . . .	62
— IV. — Etude synthétique et comparative de la circulation artérielle des os longs	81
— V. — Dédutions physiologiques, expérimentales et patholo- giques	87
CONCLUSIONS	93
BIBLIOGRAPHIE	95

